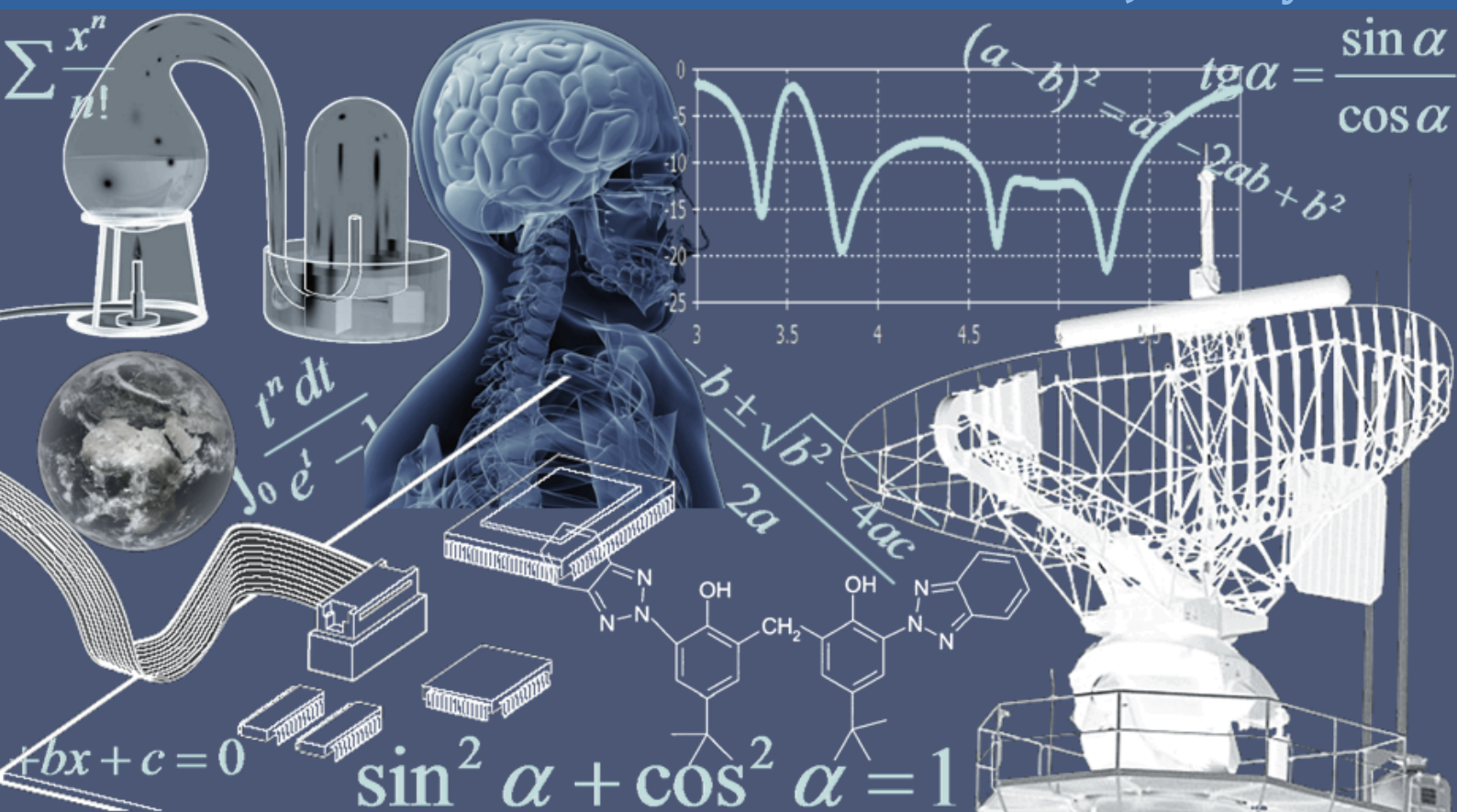


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 28 N. 2 January 2020



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Diseño de un bloque integrador analógico para un oscilador caótico <i><u>Dulce Idalia Rivera Huerta, Gustavo Daniel Martínez Ortega, José Antonio Ramírez Santiago, Oscar Daniel López Melo, and Gregorio Castillo Quiroz</u></i>	333-341
Premier cas clinique d'eczéma de contact causé par Tetraclinis articulata <i><u>Ilham Zahir and Abderrahman Rahmani</u></i>	342-346
Une expérience de Classe Inversée : Quel bilan ? <i><u>Fatima Zahra LOTFI</u></i>	347-360
Améliorer l'enseignement de l'Education Relatif à l'Environnement dans le système éducatif marocain <i><u>Bouchra Bekhat, Mourad Madrane, Rachid Janati-Idrissi, Rajae Zerhane, and Mohamed Laafou</u></i>	361-365
L'Innovation par les outils Industrie 4.0 : Analyse et Mesure de performance <i><u>Mehdi EL HASNAOUI and Naima EL HAOUUD</u></i>	366-379
Etude morphologique et granulométrique des Stone-Lines de la ville de Butembo (Nord-Kivu / RD Congo) <i><u>Kakule Vindusivolo Florent</u></i>	380-389
Comment les chercheurs appréhendent-ils la performance dans leur domaine ? Une étude exploratoire à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) <i><u>Ousmane Tanor Dieng and Massamba Samb</u></i>	390-417
Evolution du droit foncier en République Démocratique du Congo : Regard sur la gestion des terres <i><u>Sylva ILUNGA MUNYUNGU</u></i>	418-427
Theoretical study of weak interactions between condensed tannins and salivary proteins : Case of catechin and epicatechin with proline <i><u>Amon Benjamine ASSOMA, Akpa Eugène ESSOH, Kicho Denis YAPO, and Boka Robert N'GUESSAN</u></i>	428-437
Etude Comparative des Caractéristiques Mécaniques des Briques en Mortiers de Sable et de Latérite Comprimée Stabilisés au Ciment <i><u>Bozabe Renonet Karka, Kinet Ouinra, and Tomtebaye Ngakoutou Fulbert</u></i>	438-451
Application des indices de télédétection à la cartographie des zones urbaines et des sols nus : Cas de la ville de Guelma (Nord-est de L'Algérie) <i><u>Boubaker Khallef, Khaled Brahamia, and Abdel Razek Oularbi</u></i>	452-457
Contribution of a Geographical Information System to the study of soil erosion by water in the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou (Côte d'Ivoire) <i><u>Kouakou Hervé Kouassi, Tanoh Jean-Jacques Koua, Bi Gohi Ferdinand ZRO, and Yao Alexis N'GO</u></i>	458-467
Biodiversité et statut de conservation des espèces végétales du site de la future zone agro-industrielle de Korhogo (Nord Côte d'Ivoire) <i><u>Cédessia Hervé Kéassemon KONE, Jean Magloire Coffi NIAMIEN, Kiyinlma COULIBALY, and Arsène KADIO</u></i>	468-477
Implémentation en Java du système de codage d'informations basé sur le code de Hamming (7,4) <i><u>KABEYA TSHISEBA Cedric</u></i>	478-486
Mise en œuvre du système d'études d'impact environnemental dans le secteur minier Congolais : Une vision stratégique de développement durable ou une approche conceptuelle ? <i><u>Jérôme R. CIGOROGO, E.D. MUSIBONO, I.C. NSIMANDA, and N. IFUTA</u></i>	487-497
Communication stratégique sur la problématique agricole au Lualaba : Un défi à relever <i><u>John MUZEMBE KANDAL</u></i>	498-506
ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES DES EXTRAITS DE DEUX PLANTES MEDICINALES UTILISEES POUR TRAITER LES INFECTIONS CUTANEEES ET LES SEPTICEMIES AU BENIN <i><u>Yovo Mahudro, Sedjro-Ludolphe Oronce Dedome, Philippe Sessou, Guy Alain Alitonou, Fidèle Paul Tchobo, Félicien AVLESSI, and Dominique Codjo Koko Sohounhloue</u></i>	507-514
Impacts de l'orpaillage sur la morphologie et la qualité des eaux du fleuve Cavally (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire)	515-524

<i>Konan Kouakou Seraphin, Kouassi Kouakou Lazare, Konan Koffi Félix, Yapo Assémian Sylvestre, and Brou Loukou Alexis</i>	
Facteurs associés à l'insomnie et à la somnolence : Une enquête en milieu scolaire	525-534
<i>Fatoumata BA, Khourédia Ndiaye Sy, El Hadji Makhtar BA, Mbayang Ndiaye, and Roger Clément Kouly Tine</i>	
ANALYSE DE TAUX DE MARGE OPERATIONNELLE DE L'ENTREPRISE REGIDESO DIRECTION DE KISANGANI DE 2012 A 2016	535-545
<i>KIAYIMA KITENGIE Jules and KABONGO KANDA Crispin</i>	
Study on Physico-chemical Parameters in Relation to Species Composition and Abundance of Zooplankton and Water Quality of Rift Valley Lake Langano, Ethiopia	546-556
<i>Esayas Embaye and Tadele Alemayo</i>	
Dépollution harmonique des réseaux électriques : Etude comparative des commandes, par Modulation de Largeur d'Impulsion et par Hystérésis, des filtres actifs shunts triphasés	557-566
<i>Mamane Adamou, Nabil Alkassoum, André Foulani, and Amadou Seidou Maiga</i>	
CRISTAL DE L'HUILE ESSENTIELLE DE MONDIA WHITEI (HOOK. f.) SKEELS : ISOMERE DE LA VANILLINE (2-HYDROXY-4-METHOXY-BENZALDEHYDE)	567-574
<i>Belline NDZELI LIKIBI, Aimé Bertrand MADIELE MABIKA, Gouollaly Tsiba, Jean-Marie MOUTSAMBOTE, Samuel NSIKABAKA, and Jean-Maurille OUAMBA</i>	
Analyse des déterminants de l'utilisation des MILDA en milieux précaires : cas du département d'Agboville en Côte d'Ivoire	575-585
<i>AYACHI Vianney</i>	
L'intérêt de l'ERP pour les PME Marocaines dans un contexte de compétitivité réactive	586-591
<i>Omar Lamrani and Rachid ZAMMAR</i>	

Diseño de un bloque integrador analógico para un oscilador caótico

[Design of an analog integrator block for a chaotic oscillator]

Dulce Idalia Rivera Huerta, Gustavo Daniel Martínez Ortega, José Antonio Ramírez Santiago, Oscar Daniel López Melo, and Gregorio Castillo Quiroz

Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Puebla, Mexico

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: At present, the transport of information has become more common, being easier to access it with new technologies, which is why different ways of protecting the sending or transport of it are sought. Continuous chaotic oscillators in time are a special type of non-linear circuits that behave in an aperiodic manner, this being a very useful tool for the protection of information. The objective of this project is to start the creation of a block belonging to an analogue chaotic system, in the future to be able to define all the elements that conform to it, and achieve the creation of the system completely, with analog electronics, through the use of design and code creation software, some basic tests of the operation of MOSFET were performed, to know its function within the creation of the integrator block, and to be able to define all the standards for the correct design of an internal circuit known as OTA Miller, This being our base for the creation of each of the blocks that make up the chaotic system, being the integrating block, the multiplier block and the adding block. Because the applications of the continuous chaotic oscillators in time are carried out through integrated circuits, this work focuses on the development of chaotic oscillator circuits integrated in the long-term chip, this is due to the complexity of the design in this topic, since it was found that the chaotic systems implemented in a chip, it is not so easy to develop, at least the creation of the blocks that make it up is not easy, that is why in this work only the initial design of an integrating block, finding this very useful as a basis for the different building blocks of the system. The achievement of the creation of a chaotic analog system applied to chips or integrated circuits would be a revolutionary way to protect information.

KEYWORDS: Integrator block, electronics, protection, signals, chaotic system.

RESUMEN: En la actualidad, el transporte de información se ha vuelto más común, siendo más fácil acceder a ella con las nuevas tecnologías, es por ello que se buscan distintas formas de proteger el envío o transporte de la misma. Los osciladores caóticos continuos en el tiempo son un tipo especial de circuitos no lineales que se comportan de manera aperiódica, siendo este una herramienta muy útil para la protección de información. El objetivo de este proyecto es comenzar la creación de un bloque perteneciente a un sistema caótico de manera analógica, para en un futuro poder definir todos los elementos que conforman al mismo, y lograr la creación del sistema completamente, con electrónica analógica, mediante el uso de software de diseño y creación de códigos, se realizaron algunas pruebas básicas del funcionamiento de MOSFET, para conocer su función dentro de la creación del bloque integrador, y poder definir todos los estándares para el correcto diseño de un circuito interno conocido como OTA Miller, siendo este nuestra base para la creación de cada uno de los bloques que conforman el sistema caótico, siendo el bloque integrador, el bloque multiplicador y el bloque sumador. Debido a que las aplicaciones de los osciladores caóticos continuos en el tiempo se realizan a través de circuitos integrados, este trabajo se enfoca al tema del desarrollo de circuitos osciladores caóticos integrados en chip a largo plazo, esto es por la complejidad del diseño en este tema, ya que se encontró que los sistemas caóticos implementados en un chip, no es tan fácil de desarrollar, al menos la creación de los bloques que lo conforman no es nada sencillo, es por ello que en este trabajo solo se presenta el diseño inicial de un bloque integrador,

encontrando este muy útil como base para los distintos bloques conformantes del sistema. El logro de la creación de un sistema caótico analógico aplicado a chips o circuitos integrados, sería una forma revolucionaria para la protección de información.

PALABRAS-CLAVE: bloque integrador, electrónica, protección, señales, sistema caótico.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el área de las comunicaciones tiene un gran impacto en la vida social y económica del mundo, por lo que se ha convertido en reto el envío seguro de información a través de la red. La mayoría de los usuarios comparten información ya sea relevante o irrelevante todos los días, y el acceso a ella no es limitado, es ahí donde el envío de información se ha vuelto un riesgo para aquellos que buscan seguridad en el traslado de información, con menos probabilidad de ser robada o alterada.

El “*Reporte Global de Riesgos 2019*”, publicado por el Foro Económico Mundial [1], indica que el fraude o robo de datos se constituye como el riesgo global con mayor probabilidad de ocurrencia en este año, después de los relacionados con el medio ambiente y los desastres naturales.

El robo de datos es particularmente relevante en un contexto en el que nuestra interacción con el entorno se realiza cada vez más a través de herramientas tecnológicas: teléfonos que registran la geolocalización permanente del usuario; instituciones financieras que conocen nuestros patrones de consumo; redes sociales que permiten identificar nuestros círculos de amistades, las noticias que leemos, nuestros gustos y preferencias; relojes que conocen nuestros hábitos de deporte, de sueño y hasta nuestro ritmo cardíaco; así como cada vez más nuevos productos y servicios que son y serán capaces de obtener información acerca de los aspectos más íntimos de la vida.

Debido al gran alcance de la tecnología en relación al robo de información privada, se buscan métodos efectivos para el envío seguro de la información, es ahí donde se crea la necesidad del uso de sistemas de protección, ya que la mayoría de transportes de información corre el riesgo de ser robada, y no todas las personas tienen acceso a una buena seguridad en el ámbito de protección de información relevante.

En las dos últimas décadas el interés por los fenómenos caóticos ha ido en aumento [3], extendiéndose a campos del conocimiento muy dispares y alejados de las matemáticas, erigiéndose en el cuerpo de doctrina que hoy conocemos como Dinámica No Lineal [2].

Una de las características que probablemente más ha contribuido a este desarrollo es el carácter multidisciplinar del caos. Hoy en día existen muchas revistas especializadas como Chaos, International Journal of Bifurcation and Chaos, Physical Review E, Physical, que tratan específicamente esta problemática, y en ellas se describen ejemplos de conducta caótica muy variados, entre los que se encuentran las reacciones químicas, circuitos eléctricos, mecánica celeste, ecología, economía, vibraciones mecánicas, láseres, y un largo etcétera. Por otra parte, los fenómenos caóticos presentan a menudo comportamientos y conductas universales que derivan de la ubicuidad de los términos no lineales que los originan [3].

En este caso se plantea la creación de un bloque que forma parte de un sistema caótico analógico, siendo este en su totalidad una herramienta para proteger lo que para cada persona puede ser considerada información confidencial, este sistema contribuirá a la seguridad de datos personales, que como sabemos hoy en día es una prioridad, ya que existen personas que pueden extraer información de la nube o algún otro servidor, y esto puede causar serios problemas, por ello el sistema caótico distorsionara audios, imágenes así como videos que uno desee proteger para que la información que compartimos no pueda ser aprovechada por otras personas, existen diversos problemas que son ocasionados por el envío de información principalmente aquellos que conllevan vienes monetarios o gubernamentales.

El objetivo de este proyecto es empezar la construcción de un sistema caótico analógico, en este caso se empezara con el diseño de un bloque integrador, que forma parte de un sistema de bloques, que en conjunto constituyen la parte electrónica del sistema, sin embargo la introducción de este sistema de manera analógica es mas complicada que de manera digital, y lo que se busca en un futuro se pueda lograr ingresar este sistema a un chip o integrado, todo esto para que el transporte de información , en este caso de manera electrónica, pueda ser de manera mas segura y confiable.

2 METODOLOGÍA

Los circuitos integrados son dispositivos que se encuentran presentes en diversos aparatos de la vida cotidiana, un circuito integrado, es conocido también como chip; es una oblea semiconductora en la que son fabricados muchísimas resistencias pequeñas, también condensadores y transistores. Un circuito integrado se puede utilizar como un amplificador, como

oscilador, como temporizador, como contador, como memoria de ordenador, o microprocesador, además estos se pueden clasificar como lineal o como digital, todo depende para que sea su aplicación.

Las principales aplicaciones de los circuitos caóticos pueden ser encontradas en el campo de las telecomunicaciones, principalmente en las comunicaciones de espectro extendido [4,5]. En este método de comunicación,

- El ancho de banda transmitido es mucho más grande que el de la señal de información y
- Alguna otra función, diferente de la información que se envía, es empleada para determinar el ancho de banda de la señal modulada resultante.

La estrategia óptima en este método de comunicación, en el cual cada usuario aparece como interferencia para algún otro, es que cada señal de comunicación se vea como ruido gaussiano con un espectro tan amplio como sea posible.

Hay dos formas en las cuales una señal de comunicación pueda verse como ruido de banda ancha: ampliando el ancho de banda de cada símbolo de información usando una secuencia pseudo-aleatoria con un ancho de banda mucho mayor, o representando cada símbolo por una pieza de forma de onda de tipo ruido.

Dentro del circuito integrado se encuentra un elemento muy importante llamado transistor, en este caso el transistor MOSFET (transistor de efecto de campo metal oxido semiconductor), existen dos tipos de transistores, de tipo NPN y PNP.

2.1 CREACIÓN DE CÓDIGOS CON SPICE

SPICE es un acrónimo inglés de *Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis* (Programa de simulación con énfasis en circuitos integrados). Fue desarrollado por la Universidad de California, Berkeley en 1973 por Donald O. Pederson y Laurence W. Nagel [6].

Es un estándar internacional cuyo objetivo es simular circuitos electrónicos analógicos compuestos por resistencias, condensadores, diodos, transistores, etc. Para ello hay que describir los componentes, describir el circuito y luego elegir el tipo de simulación (temporal, en frecuencia, en continua, paramétrico, Montecarlo, etc.).

SPICE realiza los siguientes tipos de análisis:

- **DC** - Función de transferencia.
- **AC** - Respuesta en frecuencia de circuito.
- **Transitorio** - Evolución del circuito en el tiempo.

Dependiendo del software utilizado y versión del mismo, se encuentran implementados análisis avanzados, que pueden ir desde un sencillo cálculo de respuesta en frecuencia, hasta la simulación de diseños de radio frecuencia y análisis térmico, entre ellos:

- Punto operativo CD
- Análisis de CA
- Análisis de CA de Frecuencia Única

2.2 DISEÑO DE MOSFET

Los MOSFET hacen posible la implementación de circuitos integrados sin la necesidad de otros componentes, como resistencias o condensadores, además de que es un elemento fundamental en la fabricación de los circuitos, llegando a colocar más de 200 millones en un chip.

La estructura de un MOSFET consiste en lo siguiente:

Se fabrica sobre un sustrato tipo p, posteriormente se difunden dos regiones n+, altamente dopadas: Source y Drain. Se hace crecer (por así decirlo) una capa fina que va entre los 2nm y 50nm de dióxido de silicio que es un aislante, cubriendo el área entre Source y Drain, la cual, al ser depositado el metal sobre ella va a definirla terminal Gate. Finalmente se deposita metal para crear tres terminales denominadas S, D y B.

Dentro de la práctica se utilizaron diversas herramientas de software como el programa TopSPICE y Hspui, que son software de simulación para observar el comportamiento de los componentes.

La primera descripción que se realizó fue de tipo **NMOS**, basándose en el siguiente diagrama se dio origen al desarrollo del código en Hspui como se muestra en la Figura 1.

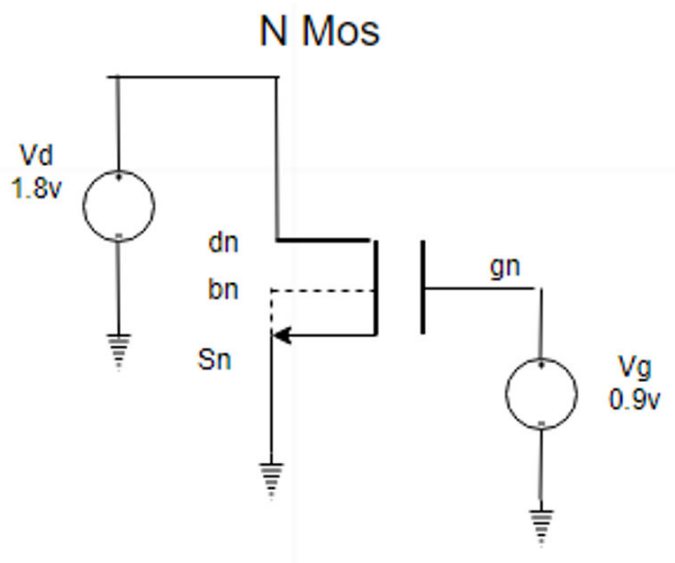


Fig. 1. Diagrama de un MOSFET positivo (N MOS)

Llegando a la simulación dentro del software se tiene que la señal se comporta de manera positiva en la Figura 2.

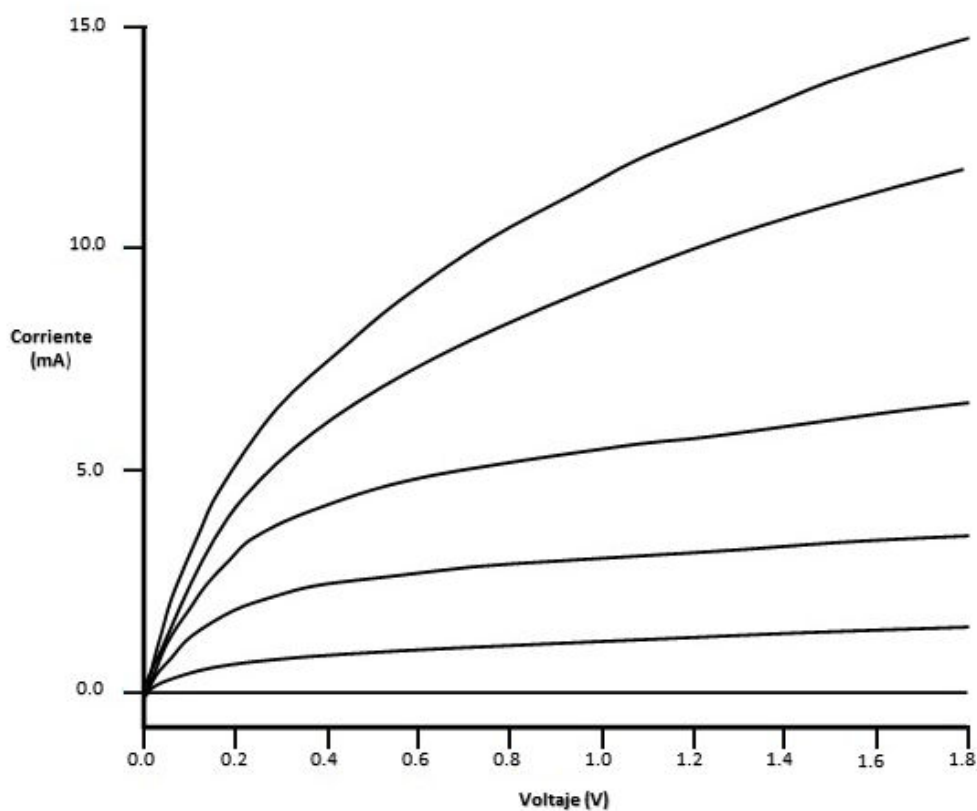


Fig. 2. Comportamiento de la corriente del N MOS

Posteriormente se realizó la descripción del tipo **PMOS** basándose igualmente en su diagrama correspondiente como se ve en la Figura 3.

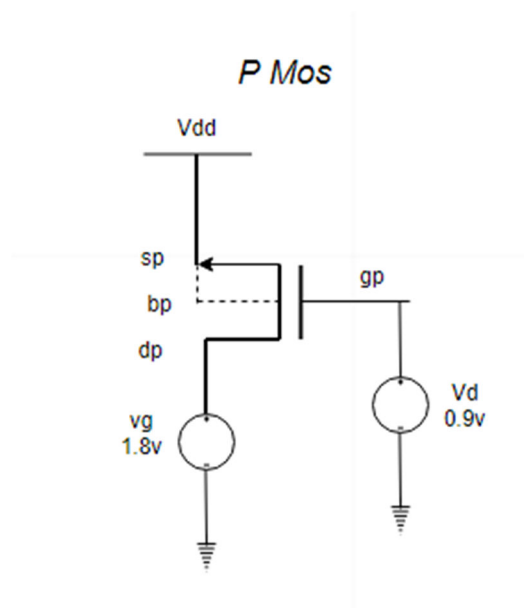


Fig. 3. Diagrama de un MOSFET negativo (P MOS)

Su comportamiento en simulación se comporta de manera negativa como se ve en la Figura 4.

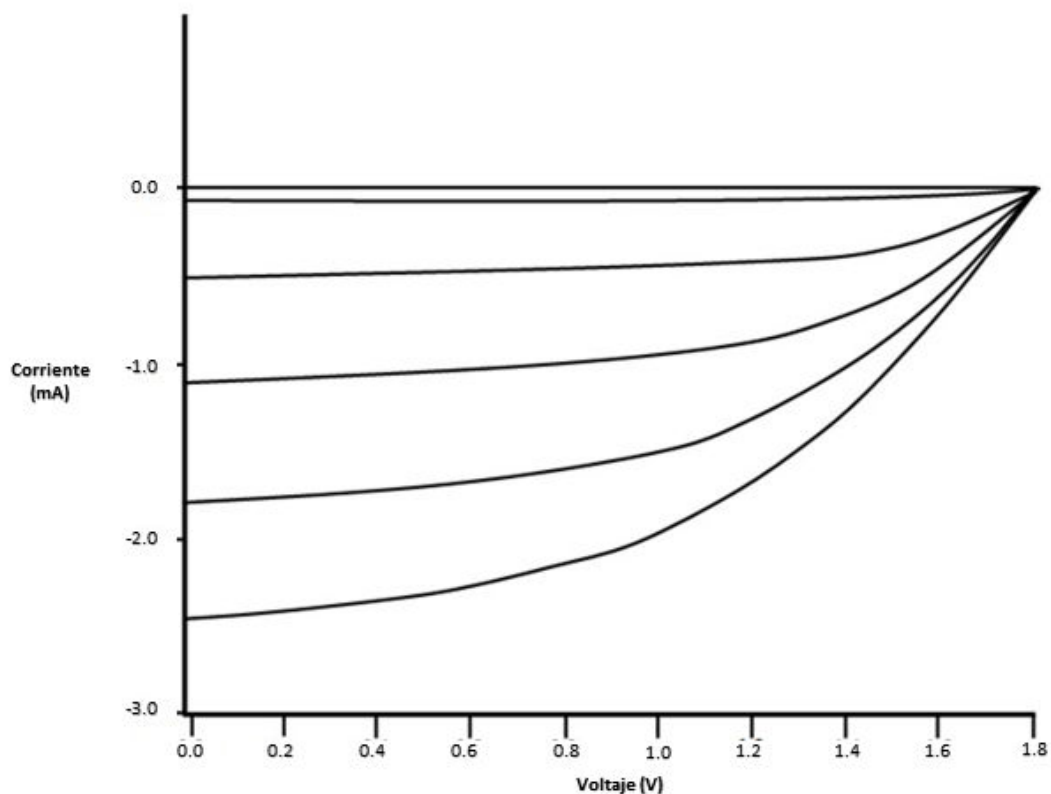


Fig. 4. Comportamiento de la corriente del (P MOS)

Se muestra el diagrama del flujo acerca del funcionamiento del programa en la Figura 5.

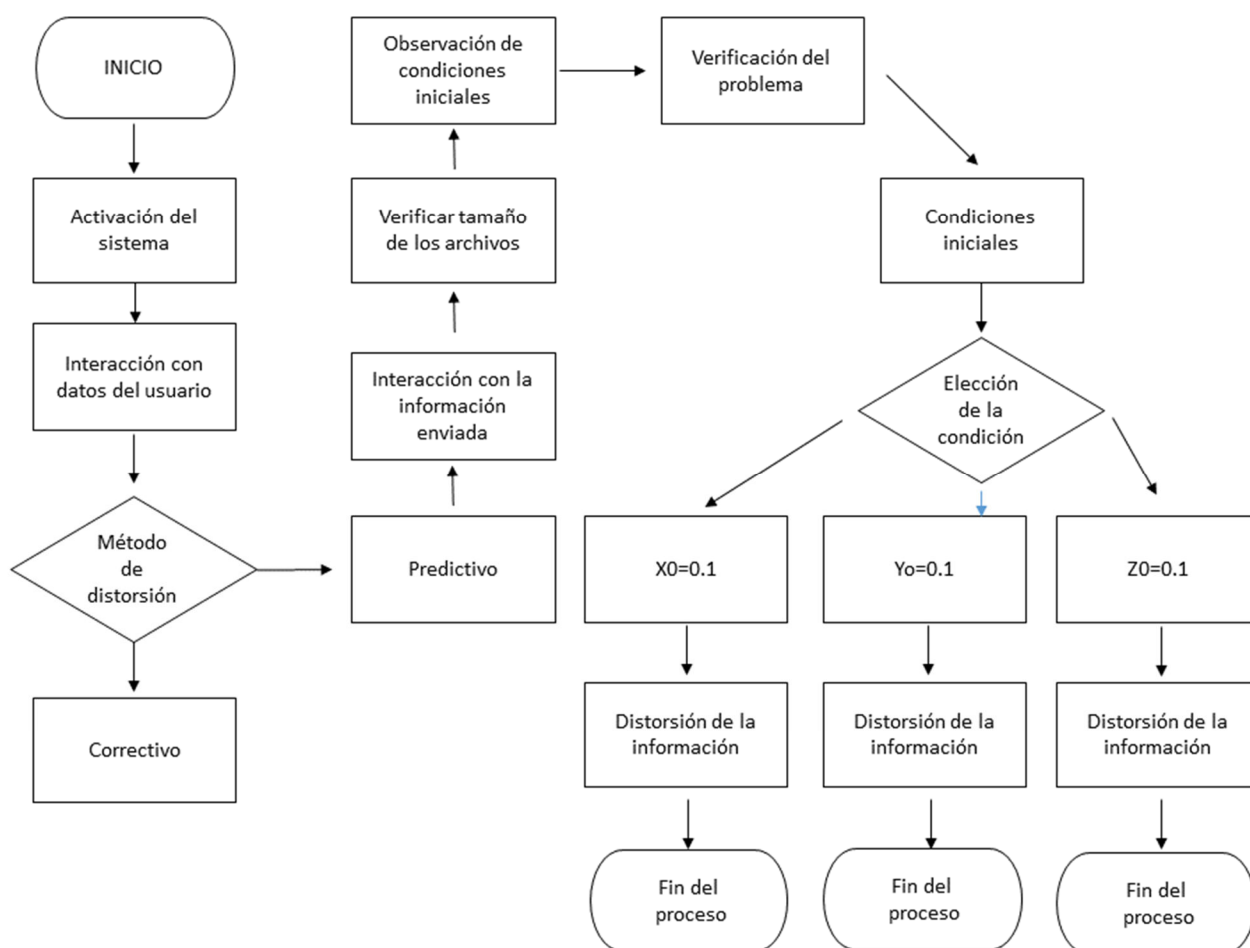


Fig. 5. Diagrama de flujo del funcionamiento del software

2.3 DISEÑO DEL OTA MILLER

Un amplificador de transconductancia variable (en inglés *Operational Transconductance Amplifier*, OTA) es un amplificador en el cual la tensión diferencial de entrada produce una corriente de salida. Por lo tanto, es una fuente de corriente controlada por voltaje. Además, presenta una entrada de corriente adicional que sirve para controlar la transconductancia del dispositivo. El OTA es similar al amplificador operacional en que posee una etapa de entrada diferencial de alta impedancia y que puede ser usado con realimentación negativa [11].

El diseño del código del OTA nos brindara la base para la creación de los bloques que conforman el oscilador caótico, para el desarrollo de este código se comenzara con el análisis del circuito interno del mismo, conformado por diversos transistores de tipo PNP y NPN.

El código que se realizó apara la creación del OTA, se debe configurar de acuerdo al tipo de bloque que se quiera realizar, en nuestro caso especialmente se trabajó con el bloque integrador, se agregó al circuito distintas variables que definen al integrador, como son la capacitancia que es un factor importante en la conversión de la onda cuadrática a diente de sierra.

3 RESULTADOS

Las tres características principales que cumplen los sistemas caóticos son: la no-linealidad, la extrema sensibilidad que poseen ante cambios muy pequeños de sus condiciones iniciales y que no se puede prever el comportamiento del sistema hasta que el proceso sucede o se calcula. A pesar de este comportamiento impredecible, el sistema es determinista. Es decir, para unos parámetros dados, el sistema está completamente determinado para tiempos futuros, por muchas veces que lo

volvamos a calcular o repetir. Eso sí, si cambiamos mínimamente alguno de los parámetros, podremos encontrarnos con una sorpresa: un resultado final muy diferente al original.

El diseño del código del OTA nos brindara la base para la creación de los bloques que conforman el oscilador caótico, para el desarrollo de este código se comenzara con el análisis del circuito interno del mismo, conformado por diversos transistores de tipo PNP y NPN

Se creo un código en Hspui, para poder observar el comportamiento de los transistores de una manera general, todo esto para observar el comportamiento de estos elementos.

Una gráfica de la densidad espectral de potencia de una señal caótica en estado estable muestra una banda amplia tipo ruido que es continua en todo el intervalo del espectro en que se desenvuelve. Esto es debido a su comportamiento no periódico y a su contribución en todas las frecuencias de este intervalo. De esta forma, el comportamiento caótico en estado estable posee propiedades estadísticas bien definidas.

Es importante notar que el comportamiento caótico se da en el estado estable y, por lo tanto, no es un periodo transitorio de arranque.

A pesar de su comportamiento errático y complejo, en una forma de onda caótica se pueden identificar patrones regulares y recurrentes. Sin embargo, nunca hay una repetición exacta de éstas y el movimiento es realmente no periódico.

Los osciladores pueden ser clasificados como forzados y autónomos. Los osciladores forzados o no autónomos poseen una señal externa al circuito que controla su comportamiento. Los osciladores autónomos, por otra parte, son circuitos que oscilan por sí mismos sin necesidad de alguna excitación externa.

Para que un circuito autónomo que consiste en resistores, capacitores e inductores pueda exhibir caos [7].

Con el desarrollo del código, tomando en cuenta cada uno de los puntos de corrientes, voltajes, entradas, salidas y demás, se concluyó el diseño del circuito interno del OTA Miller como se muestra en la figura 5, que es nuestro principal circuito bloque, para la creación de los demás bloques constituyentes del sistema caótico.

La ventaja de este circuito es que es moldeable, es decir puede ser modificado según lo requiera, en este caso se modificaría para la creación de un bloque integrador, que es nuestro principal objetivo en este trabajo, y a largo plazo se trabajara con la modificación para la creación de un bloque multiplicador, así como la creación de un bloque sumador [17].

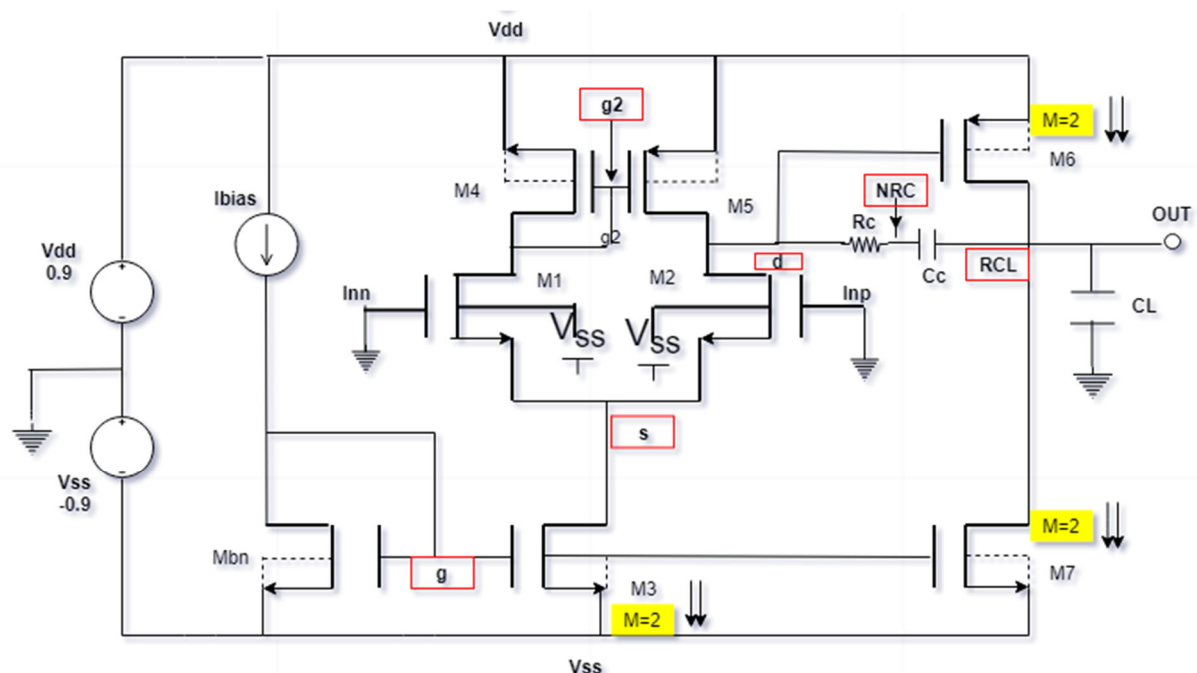


Fig. 6. Diagrama del circuito interno del OTA

Con el diseño ya creado, y ya contando con el código del OTA, este se puede manipular de tal forma que el código es considerado para la creación de los bloques del sistema caótico, en este caso, en este primer trabajo nos concentramos en la creación del bloque integrador.

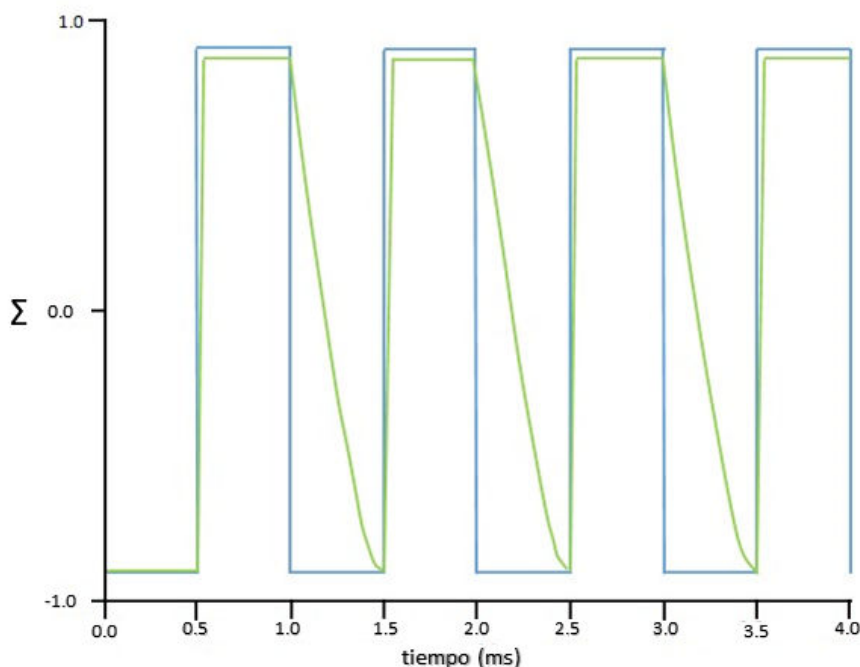


Fig. 7. Diagrama en simulación de la carga y descarga del capacitor

En todo el análisis que se realizó de cada uno de los códigos para los diseños desde los MOSFET, se tomaron en cuenta muchos factores que influyen, como lo son las corrientes, voltajes y entradas. El diseño de los bloques de un oscilador caótico no es nada sencillo, por lo que requiere un trabajo de seguimiento durante cierto periodo, así como de varias pruebas de simulaciones.

4 CONCLUSIÓN

Se obtuvo información sobre el funcionamiento de software para el diseño y simulación de circuitos integrados, se trabajó con la creación de códigos para transistores y OTA, específicamente para el diseño de los bloques correspondientes a un oscilador caótico, durante el proceso de trabajo se enfocó directamente a la construcción del bloque integrador, en última estancia solo se logró que el capacitor realice la descarga, pero no la carga.

Las primeras pruebas que se realizan en este trabajo de investigación, son meramente experimentales, sin embargo, no podemos decir que son despreciables, estas pruebas definirán la continuación del diseño de los demás bloques del sistema, y una vez que se obtengan los bloques de este, se comenzará con los siguientes pasos como el efecto de las series caóticas [6], y su fase de traslado a un circuito integrado.

La inclusión de un oscilador periódico dentro de la resistencia no lineal de un oscilador caótico continuo en el tiempo modifica las características de este último, realizando un mayor mezclado entre sus trayectorias, incrementando la robustez del circuito a las variaciones de sus parámetros y a las parásitas del mismo, y permitiendo que los valores de los elementos dinámicos del circuito puedan ser llevados al rango de integración en chip. Todo esto resulta en un oscilador caótico factible de realizarse en circuitos integrados [13].

Pero esto solo es el inicio de un largo trabajo de investigación, en relación a la creación del sistema caótico analógico, dentro de un circuito integrado, el impacto que este tendría sería de manera beneficiaria en todos los aspectos de la seguridad de información.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a las personas involucradas en el desarrollo de este trabajo, tanto internos como externos pertenecientes a la carrera de ingeniería mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.

REFERENCIAS

- [1] P. F. Rangel Magdaleno "Fraude cibernético y robo de datos: riesgo global" Forbes México mayo 2019.
- [2] A. J. Lichtenberg y M. A. Lieberman, Regular and Stochastic Motion.
- [3] J. Gleick, Caos: La Creación de una Nueva Ciencia (Seix Barral, Barcelona, 1987.
- [4] M. Peter Kennedy, R. Rovatti and G. Setti, Chaotic electronics in telecommunications, CRC Press,
- [5] Daisaburo Yoshioka, Akio Tsuneda and Takahiro Inoue, "Maximal Period Sequences with negative auto-correlations and their application to asynchronous DS-CDMA systems", IEICE Transactions Fundamentals, Vol. E86-A, No. 6, June, 2003.
- [6] H. De León Hidalgo "Diseño de osciladores caóticos integrados" 2008.
- [7] R. Duron, R. R. sistemas dinámicos caóticos mayo 2018.
- [8] Mettam, G. R., and Adams, L. B., *How to prepare an electronic version of your article*, In: B. S. Jones, and R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc, pp. 281-304, 1994.
- [9] N. Maximov, A. Panas and S. Starkov, "Chaotic oscillators design with preassigned spectral characteristics", European conference on Circuit Theory and Design, August 28-31, 2001, Espoo, Finland.
- [10] R. Méndez "Implementación de osciladores caóticos en sistemas embebidos y aplicaciones" Ensenada, Baja California, México 2018.
- [11] L. A. B. Torres and L. A. Aguirre, "Inductorless Chua's circuit", Electronics Letters, Vol. 36, No. 23, 9 November, 2000.
- [12] G. Mamola and M. Sannino, "Analysis of negative-resistance oscillators with piece wise nonlinearity", Circuit theory and applications, Vol. 5, 287-289.
- [13] O. Leon Chua, A. Charles Desoír, Ernest S. Kuh, Linear and nonlinear circuits, Mc Graw Hill. 2007.
- [14] Sunderajan S. Mohan, Maria del Mar Hershenson, Stephen P. Boyd and Thomas H. Lee, "Simple accurate expressions for planar spiral inductances", IEEE journal of solid-state circuits, vol. 34.
- [15] Olivares Caballero, D. A. N. I. E. L. (s.f.). Aplicación de sistemas caóticos en control automático. Recuperado 24 junio, 2007.
- [16] C. Hernández, control inteligente de sistemas dinamicos caoticos. Recuperado de http://oa.upm.es/10161/1/Cristina_Hernandez_delaSota.pdf. 2004.
- [17] P. Salas Análisis y diseño de sistemas caóticos clásicos con base en filtros pasa-bajas. Recuperado 13 noviembre, 2019.
- [18] Chaparro Vergara, G. El control de sistemas dinámicos caóticos en economía: aplicación a un modelo de hiperinflación. Mayo 2018.

Premier cas clinique d'eczéma de contact causé par *Tetraclinis articulata*

[First clinical case of contact eczema caused by *Tetraclinis articulata*]

Ilham Zahir¹ and Abderrahman Rahmani²

¹Laboratoire Polyvalent en Recherche et Développement, Université Sultan Moulay Sliman, Faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal, Mghila, Béni Mellal, 23030, Maroc

²Médecin dermatologue, Cabine de dermatologie, 37, avenue Hassan II appartement 29, 3ème étage, Meknès, Maroc

Copyright © 2020 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: *Tetraclinis articulata* or berberia thuja is an aromatic plant widely used in traditional medicine in Morocco for its multiple therapeutic virtues. This report presents the first case of contact eczema induced by the single application of a solubilized powder in the water of dried leaves and twigs of *Tetraclinis articulata*.

KEYWORDS: Clinical case, contact eczema, *Tetraclinis articulata*.

RÉSUMÉ: *Tetraclinis articulata* ou thuya de berbérie est une plante aromatique largement utilisée dans la médecine traditionnelle au Maroc pour ses multiples vertus thérapeutiques. Le présent rapport expose le premier cas d'eczéma de contact induit par l'application unique d'une poudre solubilisée dans l'eau des feuilles et rameaux séchés de *Tetraclinis articulata*.

MOTS-CLEFS: Cas clinique, eczéma de contact, *Tetraclinis articulata*.

1 OBSERVATION

Une femme de 34 ans, d'origine marocaine, qui présente des lésions érythémateuses surélevées et papulovésiculeuses très prurigineuses sur le visage, le cou, sous le pavillon des oreilles, ainsi que le cuir chevelu. Ces lésions ont un caractère suintant et crouteux. Le gonflement de visage a été également observé (Fig. 1).

La patiente a développé ces symptômes deux jours après l'application unique d'une poudre solubilisée dans l'eau à température ambiante des feuilles et rameaux séchés, écrasés puis tamisés d'une plante nommée *Tetraclinis articulata*. En fait, en raison de la fièvre due à une salmonellose mineure dont souffrait la patiente, cette préparation a été appliquée en cataplasme au niveau des zones frontale, temporale et pariétale de la tête pendant une nuit et sous forme d'un masque sur le visage pendant deux heures.

L'investigation clinique a montré que les lésions eczémateuses sont nettement délimitées sur les sites d'application de la pâte préparée sur le visage et au niveau des régions touchées par les suffusions liquides sur la peau du cataplasme utilisé.

Le diagnostic est en faveur d'un eczéma de contact très sévère.



Fig. 1. Eczéma de contact après l'application d'une préparation de thuya de berbérie au niveau du visage (A), le sous pavillon d'oreille (B) et le cuir chevelu (C)

Le traitement se base sur l'administration des anti-inflammatoires stéroïdiens par l'injection intramusculaire des glucocorticoïdes (méthylprednisolone sous forme d'hémisuccinate) pendant 3 jours, l'application d'un gel dermocorticoïde (clobétasol) sur le cuir chevelu, la mise en place d'une crème de la classe pharmaco-thérapeutique des glucocorticoïdes topique (désonide 0,1%) sur les zones touchées et la prise par voie orale des comprimés contenant d'hydroxyzine dichlorhydrate. Au cours de traitement, le suivi de cas a montré la résolution progressive des lésions cutanées. Une semaine suivant ce traitement dermatologique, une crème hydratante a été appliquée afin d'éviter la sécheresse de la peau.

Après la disparition totale des symptômes observés, des patch-tests, des outils servant à identifier le ou les agents étiologiques de la dermatite de contact allergique [1], ont été réalisés avec les séries de base marocaines (Pophane, Maroc) ainsi qu'une poudre solubilisée dans l'eau à température ambiante constituée à partir des feuilles et rameaux séchés, écrasés puis tamisés de thuya de berbérus.

Les tests épi-cutanés ont été lus les jours J 2 et J 3. Des réactions positives ont été observées sur la préparation malaxée de la plante en question et sur le mélange des lactones sesquiterpéniques 0,1%, connu également sous le nom de sesquiterpene lactone mix (Fig. 2). Ce mélange comprend trois allergènes qui sont l'antalactone, déhydrocostus lactone et costunolide [2].

Ces résultats ont confirmé que Thuya de berbérus est le facteur responsable de l'apparition de l'eczéma de contact chez ladite patiente.



Fig. 2. Réactions positives aux patch-tests à la préparation du thuya de berbérus (A) et du mélange des lactones sesquiterpéniques (B) (jour 2)

2 DISCUSSION

Au Maroc, *Tetraclinis articulata* est connue sous le nom de «Al'Araar» ou « Azouka » à Tachlhit [3]. Elle appartient à l'embranchement des Gymnospermes et à la famille des Cupressaceae [4]. Cette essence forestière est très utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de la fièvre en raison de son effet antipyrétique [3], [5]. Les parties les plus employées de l'arbre sont les feuilles et les rameaux qui sont aussi préconisés dans le traitement des infections intestinales, des douleurs gastriques, des maladies respiratoires, du diabète, et de l'hypertension [3], [5], [6], [7], [8], [9]. En outre, des études ont mis en évidence que thuya de berbérisme possède des effets antibactériens [5], [6], [10], antifongiques [3], [5], [10], anti-inflammatoires [3], [5], [11], antioxydants [3], [5], [12] et immunostimulateurs [7]. Du plus, une étude ethnobotanique dans la région orientale du Maroc a montré que *T. articulata* est administrée par la population locale contre l'allergie et des problèmes dermatologiques [8]. Cependant, son implication comme un agent causal dans l'apparition d'eczéma de contact n'a jamais été rapporté par aucune investigation. Ainsi, le présent cas est le premier indiquant l'induction d'une affection cutanée par l'application unique d'une poudre solubilisée dans l'eau des feuilles et rameaux séchés de *T. articulata*.

Par ailleurs, le mélange des lactones sesquiterpéniques peut provoquer des dermatites de contact comme il a été révélé par les patch-tests. Effectivement, ces composés chimiques sont un groupe de métabolites secondaires présents dans le règne végétal, comprenant un grand groupe de plus de 5 000 composés connus [13] dont plusieurs centaines sont capables d'induire une allergie de contact [2], [14]. Ceci est dû du fait que ces molécules sont réparties en six groupes de squelettes sesquiterpéniques différents comprenant tous un groupe réactif, α -méthylène- γ -butyrolactone qui joue un rôle important dans le pouvoir allergisant [2]. Cependant, au meilleur de notre connaissance, *T. articulata* est dépourvue de lactones sesquiterpéniques. Ainsi, autres principes actifs de thuya de berbérisme pourraient être responsables d'allergie.

Bien que l'innocuité de *T. articulata* soit démontrée par maintes recherches durant lesquelles aucune toxicité aiguë n'a été mentionnée chez les souris [3], les rats [15] et vis-à-vis les cellules primaires de foie de porc [16], le risque toxidermique de *T. articulata* décelé au cours ce présent travail pourrait être dû à un ou plusieurs composants majoritaires. En fait, une investigation a mis en évidence que les constituants principaux des huiles des feuilles et des rameaux de *T. articulata* collectée de la région Khémisset (Maroc) sont l' α -pinène, le limonène et l'acétate de bornyle [17]. Tandis que autres études réalisées sur la composition chimique des huiles essentielles des feuilles de la même plante récoltée de différentes régions marocaines ont montré que les feuilles sont également riches en métabolites majoritaires supplémentaires tels que le camphre [6], [15], [18] et le bornéol [3], [15], [18].

Antérieurement, il a été rapporté que le camphre est un terpène cyclique, hautement lipophile qui possède une forte affinité pour les lipides cérébraux et peut être responsable de troubles neurologiques [19], [20]. Ainsi, il peut être à l'origine de nausées, hallucinations visuelles, délire, œdème cérébral, état de mal épileptique, hypotension et tachycardie. Il peut causer également chez les enfants de nombreux symptômes allant d'une simple céphalée jusqu'aux convulsions et même la mort par arrêt respiratoire après ingestion, inhalation ou exposition cutanée [19]. En outre, le camphre a un effet abortif lorsqu'il est absorbé en grande quantité par des femmes [20]. A l'encontre, des données à propos son dermo-toxicité ont été rarement décrites. En fait, des cas de dermatite de contact ont été rapportés à cause au camphre 4-méthylbenzylidène et à ses dérivés et après l'emploi des gouttes auriculaires contenant de l'huile de camphre [21] ainsi au camphre présent dans une solution de rinçage utilisée par une femme de 58 ans [22].

Quand au limonène, un mono-terpène cyclique, est considéré comme un allergisant et un irritant pour la peau, en grande concentration [20], [23], [24], [25]. Effectivement, des patchs tests ont été réalisés chez plus de 2000 patients employant des produits cosmétiques à la base de limonène, parmi lesquels 63 ont réagi positivement au limonène [25]. De plus, selon une étude menée par [24], le limonène a présenté des réponses positives à des concentrations de 4% dans les essais d'irritation cutanée aiguë. Au cours la même investigation, il s'est mis en exigu que le limonène est l'allergène le plus important parmi les composants chimiques de myoga. Consécutivement, ce principe actif pourrait être la raison pour laquelle 8 des 35 cultivateurs de myoga en Japon ont une dermatite de contact allergique pendant la saison des récoltes [24]. D'un autre côté, la sensibilisation semble due aux produits d'auto-oxydation du limonène qui se forment à l'air et surtout en présence de lumière [25]. Il s'agit des hydroperoxydes allyliques terpéniques, en particulier, 1,2-époxy limonène, carvone, 2-hydroxylimonène [20], [25]. Indubitablement, plusieurs études ont montré que les produits d'oxydation du limonène étaient la cause d'une dermatite de contact [26]. En fait, il s'est démontré, par exemple, que l'oxyde de limonène est un sensibilisant cutané extrême [24]. Plus surprenant encore, selon une étude conduite en Espagne, 3639 patients ont été testés avec trois concentrations différentes de limonène, d'hydroperoxydes de limonène et d'hydroperoxydes de linalol. Les résultats ont montré que 292 étaient positifs à l'un des hydroperoxydes ou aux deux et que 187 d'entre eux (soit 5,1%) ont développé une réaction positive à des hydroperoxydes de limonène [27]. Il paraît que ces molécules oxydées se lient très facilement aux protéines cutanées et peuvent dès lors exercer leur pouvoir allergisant. En outre, les effets irritants constatés avec le limonène peuvent correspondre

à des perturbations membranaires au niveau de la fluidité, liées à la délipidation [25]. Ainsi, le limonène et ses produits d'auto-oxydation sont incriminés dans le déclenchement de dermatite de contact allergique [20], [28].

A l'instar de limonène, l' α -pinène, un mono-terpène bi-cyclique, est également un fort irritant pour la peau et un allergène responsable de dermatite de contact [20], [24], [29]. Incontestablement, selon une étude, l' α -pinène a été confirmé en tant qu'allergène lors de tests répétés de patch [30]. En addition, maintes recherches ont mis en évidence que le composant en question possède des propriétés sensibilisantes [31], [32], [33], [34].

Concernant le bornéol, un mono-terpène bi-cyclique, il existe un seul rapport qui a mis en lumière qu'il est un allergène de contact [35], alors qu'aucune investigation n'a décrit l'effet allergisant ou irritant de l'acétate de bornyle.

Par conséquent, à l'exception de l'acétate de bornyle, l'eczéma de contact causé par thuya de berbérie pourrait être dû à l'action d'un seul composant ou une synergie entre plusieurs composants de ladite plante.

3 CONCLUSION

Dans des pays comme le Maroc, les plantes médicinales et aromatiques sont facilement accessibles et très utilisées. C'est le cas de *Tetraclinis articulata*, une essence forestière largement employée pour ses vertus thérapeutiques dans la médecine traditionnelle marocaine. En revanche, thuya de berbérie contient de nombreux principes actifs potentiellement sensibilisants, notamment le limonène, l' α -pinène et le camphre. Précédemment, des cas de dermatites de contact ont été signalés en association avec ces divers métabolites. Toutefois, ce présent travail est le premier rapport montrant le développement d'un eczéma de contact secondaire à l'application de *T. articulata*. Par conséquent, les plantes médicinales doivent être utilisées avec prudence en prenant en considération des précautions d'emploi telle que la préconisation d'un test de sensibilisation avant l'utilisation ainsi que le respect de l'état physiologique de l'organisme (enfant, femme enceinte ou allaitante, présence d'un terrain d'allergie).

REMERCIEMENTS

Nous remercions la patiente d'avoir accordé sa permission aux auteurs afin d'écrire et de publier cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] R. Lazzarini and I. Duarte Ferreira, "AL Patch tests", *An Bras Dermatol*, vol. 88, no. 6, pp. 879-88, 2013.
- [2] INRS, "Dermatoses professionnelles aux végétaux", *Document pour le médecin du travail*, vol. 105, pp.: 77-90, 2006.
- [3] M. El Jemli R. Kamal I. Marmouzi Z. Doukkali EH. Boudida D. Touati R. Nejari L. El Guessabi Y. Cherrah and K. Alaou, "Chemical composition, acute toxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Moroccan *Tetraclinis articulata* L.", *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, vol. 7, no. 3, pp. 281-287, 2016.
- [4] N. Tahri A. El Basti, L. Zidane A. Rochdi and Douira A, "Etude Ethnobotanique Des Plantes Medicales Dans La Province De Settat (Maroc) ", *Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi*, vol.12, no. 2, pp. 192-208, 2012.
- [5] T A. Ibrahim A. A. El-Hela H M. El-Hefnawy A M. Al-Taweel and S. Perveen, "Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Essential Oils of Some Coniferous Plants Cultivated in Egypt", *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 16, no. 1, pp. 328-337, 2017.
- [6] M. Bourkhiss M. Hnach B. Bourkhiss M. Ouhssine and A. Chaouch, "Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc", *Afrique SCIENCE*, vol. 3, no. 2, pp. 232 – 242, 2007.
- [7] A. Daoudi L. Aarab and E. Abdel-Sattar, "Screening of immunomodulatory activity of total and protein extracts of some Moroccan medicinal plants", *Toxicology and Industrial Health*, vol. 29, no. 3, pp. 245–253, 2012.
- [8] F. Jamila and E. Mostafa, "Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 154, no. 1, pp. 76-87, (2014).
- [9] K. Hadjadj and A. Letreuch Belarouci, "Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.] " *Geo-Eco-Trop*, vol. 41, no. 1, pp. 13-27, 2017.
- [10] M. Akbli N. Rhallabi R. Ait Mhand M. Akssira and F. Mellouki, "Activité antibactérienne de l'huile essentielle de la sciure du bois de loupe de *Tetraclinis articulata* (Vahl) master du Maroc sur des souches d'origine clinique", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 16, no. 2, pp. 314-321, 2016.
- [11] A F. Barrero J F. Quilez R. del Moral Lucas M'. Paya M. Akssira S. Akaad and F. Mellouki, "Diterpenoids from *Tetraclinis articulata* that Inhibit Various Human Leukocyte Functions," *J. Nat. Prod*, vol. 66, pp. 844-850, 2003

- [12] M. Ben Jemia S. Chaabane F. Senatore M. Bruno and ME. Khouk, "Studies on the antioxidant activity of the essential oil and extract of Tunisian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. (Cupressaceae)", Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters, vol. 27, no. 16, pp. 1419-1430, 2013.
- [13] M. Chadwick H. Trewin F. Gawthrop and C. Wagstaff, "S Sesquiterpenoids Lactones: Benefits to Plants and People", Int. J. Mol. Sci, vol. 14, pp. 12780-12805, 2013.
- [14] E. Paulsen, "Systemic allergic dermatitis caused by sesquiterpene lactones", Contact Dermatitis, vol. 76, pp. 1–10, 2017.
- [15] F. Sadiki M. El Idrissi O. Cioanca A. Trifan M. Hancianu L. Hritcu and P A. Postu, "*Tetraclinis articulata* essential oil mitigates cognitive deficits and brain oxidative stress in an Alzheimer's disease amyloidosis model" Phytomedicine, pp. 1-15, 2018.
- [16] W. Rached F. Zeghadab M., Bennaceurb L. Barrosa R. Calhelhaa S. Helenoa M. Alvesa A. Carvalhoa A. Maroufe and I. Ferreira, "Phytochemical analysis and assessment of antioxidant, antimicrobial, antiinflammatory and cytotoxic properties of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters leaves", Industrial crops & product, vol. 112, pp. 460-466, 2018.
- [17] M. Bourkhiss M. Hnach J. Paolini and J.Costa, "Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) masters du Maroc", Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, vol. 79, pp. 141 – 154, 2010.
- [18] A. F. Barrero M.M, Herrador P. Arteaga J. Quilez M. Akssira F. Mellouki and S. Akkad, "Chemical composition of the essential oil of leaves and wood of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters", Journal of Essential Oil Research, vol. 17, pp. 166–168, 2005.
- [19] N. Nchinech A. Elgharbi F Z. Aglil Y. Kriouile Y. Cherrah A. Aaloui Mdaghri and Samira Serragui, "Mésusage traditionnel du camphre: un danger oublié pour les enfants (à propos de 2 cas) ", Pan African Medical Journal, vol. 32, no. 89, 2019.
- [20] T. Poirot, "Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie", Mémoire de thèse, UNIVERSITE DE LORRAINE, Faculté de pharmacie, 97 pages, 2016.
- [21] K. Noiles and M. Pratt, "Contact dermatitis to Vicks VapoRub", Dermatitis, vol. 21, no. 3, pp. 167-9, 2010
- [22] J. Vilaplana C. Romaguera and L. Campderros, "Contact dermatitis by camphor present in a flushing solution", Actas Dermosifiliogr, vol. 98, no. 5, pp. 345-6, 2007.
- [23] M. Matura A. Goossens O. Bordalo B. Garcia-Bravo K. Magnusson K. Wrangsjö and A.-T. Karlberg, "Oxidized citrus oil (R-limonene): A frequent skin sensitizer in Europe", Journal of the American Academy of Dermatology, vol. 47, no. 5, 709–714, 2002
- [24] Q. Wei K. Harada S. Ohmori K. Minamoto C. Wei and A. Ueda, "Toxicity study of the volatile constituents of Myoga utilizing acute dermal irritation assays and the Guinea-pig Maximization test", J Occup Health. Vol. 48, no. 6, pp. 480-6, 2006.
- [25] A. Picot and F. Montandon: Écotoxicochimie des hydrocarbures, Editions Lavoisier, Paris, 2013.
- [26] A. Sarkic I. Stappen, "Essential Oils and Their Single Compounds in Cosmetics—A Critical Review", Cosmetics, vol. 5, no.11, 2018.
- [27] G. Deza B. García-Bravo J. F. Silvestre, M. A. Pastor-Nieto R. González-Pérez F. Heras-Mendoza P. Mercader V. Fernández-Redondo B. Niklasson A.M. Giménez-Arnau et al., "Contact sensitization to limonene and linalool hydroperoxides in Spain: A GEIDAC prospective study", Contact Dermat, vol. 76, pp. 74–80, 2017
- [28] LP. Christensen H. B. Jakobsen E. Paulsen L. Hodal and K. E. Andersen, "Airborne Compositae dermatitis: monoterpenes and no parthenolide are released from flowering *Tanacetum parthenium* (feverfew) plants", Arch Dermatol Res, vol. 291, no. (7-8), pp. 425-31, 1999.
- [29] A. C. de Groot and E. Schmidt, "Essential Oils, Part III: Chemical Composition", Dermatitis, vol. 27, no. 4, pp.161-9, 2016.
- [30] B. Dharmagunawardena A. Takwale K. J. Sanders S. Cannan A. Rodger and A. Ilchyshyn, "Gas chromatography: an investigative tool in multiple allergies to essential oils", Contact Dermatitis, vol. 47, no. 5, pp. 288-92, 2002
- [31] P. Cachão F. Menezes Brandão M. Carmo S. Frazão and M Silva, "Allergy to oil of turpentine in Portugal", Contact Dermatitis, vol. 14, no. 4, pp.205-8, 1986
- [32] K.D. Zacher and H. Ippen, "Contact dermatitis caused by bergamot oil", Derm Beruf Umwelt, vol. 32, no. 3, pp.:95-7, 1984.
- [33] A. Doms-Goossens H. Degreef C. Holvoet and M. Maertens, "Turpentine-induced hypersensitivity to peppermint oil", Contact Dermatitis, vol. 3, no 6, 304-8, 1977.
- [34] E. Rudzki and Z. Grzywa, "Sensitizing and irritating properties of star anise oil", Contact Dermatitis, vol. 2, no. 6, pp.:305-8. 1976.
- [35] M. Jovanović N. Mimica-Dukić M Poljacki and P. Boza, "Erythema multiforme due to contact with weeds: a recurrence after patch testing", Contact Dermatitis. vol. 48, no. 1, pp.17-25, 2003.

Une expérience de Classe Inversée : Quel bilan ?

[A Flipped Classroom experience : What assessment ?]

Fatima Zahra LOTFI

Centre d'Etudes Doctorales : Homme, Société, Education (HSE), Recherches Interdisciplinaires pour l'Innovation en Didactique et en Capital Humain (RIIDCH), Faculté des Sciences de l'Education (FSE), Université Mohammed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2020 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 current study offers some avenues for reflection on an innovative pedagogical approach underpinning the use of information and communication technologies in education (ICT). This research concerns a flipped classroom experience on secondary school students, studying the subject of Family Education, more particularly the sequence of protecting the adolescent against social evils: smoking. In order to operationalize it, we implemented a pedagogical engineering in the light of the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The study aims at examining the learners' perception of the flipped classroom, in terms of the learner motivation, the quality of teaching-learning, the use of ICT and possible difficulties related to its application. To have a broad understanding of students' views, the study adopted a mixed approach combining quantitative and qualitative methods. The results obtained show, in general, the positive effect of the flipped classroom on students' perception. It responds to their learning paces and increases the teacher-students and students-students interaction, which makes it possible for the learners to perform tasks of a high cognitive level, such as the creation of leaflets and posters to raise awareness of the use of tobacco. The study also reveals the important role that ICTs play in the implementation of the flipped classroom. At the same time, a number of areas for improvement were proposed by the learners concerning the nature of classroom activities, equipment and the online course.

KEYWORDS: pedagogical engineering (ADDIE), ICTE, learning paces, interaction, motivation, cognitive levels.

RÉSUMÉ: La présente étude offre quelques pistes de réflexion portant sur une approche pédagogique innovante, sous-tendant l'usage des technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement (TICE). Il s'agit d'une expérience de classe inversée dédiée aux étudiants du cycle secondaire-collégial et concerne la matière de l'Education Familiale, plus particulièrement la séquence de la protection de l'adolescent contre les fléaux sociaux: le tabagisme. Afin de l'opérationnaliser, nous avons mis en œuvre une ingénierie pédagogique selon le modèle ADDIE (Analyse, Design, Développement, Implémentation, Evaluation). Le but étant d'examiner la perception des apprenants à l'égard de la classe inversée en se focalisant sur la motivation des apprenants, la qualité d'enseignement-apprentissage, l'emploi des TICE ainsi que les éventuelles difficultés liées à son application. Pour avoir une large compréhension des regards des élèves, l'étude a adopté une approche mixte combinant les méthodes quantitative et qualitative. Les résultats obtenus montrent, en général, l'effet positif de la classe inversée sur la perception des élèves. Elle répond à leurs rythmes d'apprentissage et accroît l'interaction enseignant-apprenants et apprenants-apprenants, ce qui permet aux élèves de réaliser des tâches de haut niveau cognitif, en l'occurrence la création de dépliants et d'affiches de sensibilisation contre le tabagisme. L'étude révèle aussi le rôle important que jouent les TIC dans la mise en place de la classe inversée. Parallèlement, des axes d'amélioration ont été proposés par les apprenants à propos de la nature des activités en classe, les équipements et le cours en ligne.

MOTS-CLEFS: ingénierie pédagogique (ADDIE), TICE, rythmes d'apprentissage, interaction, motivation, niveaux cognitifs.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte d'action régi par les contraintes temporelles du fonctionnement didactique, les multiples échecs et difficultés rencontrés par les apprenants dans l'apprentissage des disciplines posent des défis importants aux enseignants. Divers problèmes émergent en ce sens : quelle(s) approche(s) pédagogique(s) adopter pour des élèves ayant un rythme d'apprentissage relativement lent et comment les accompagner pour qu'ils puissent atteindre un haut niveau d'apprentissage ? Comment peut-on réussir à motiver et mobiliser chacun de ces apprenants pour qu'ils prennent la responsabilité de leurs apprentissages ? Comment s'adapter à leurs besoins individuels avec le peu de temps dont on dispose en classe ? En effet, le temps prescrit et prévu par le curriculum scolaire oblige l'enseignant à suivre un rythme collectif qui ne correspond jamais réellement aux rythmes d'apprentissage des apprenants. Apprendre, exige un temps variable selon les individus, alors que le temps scolaire reproduit tant bien que mal des rythmes d'apprentissage collectifs et institutionnels [1].

De nombreuses recherches précisent que les pratiques d'enseignement doivent être repensées car l'enseignant est de plus en plus en décalage avec les jeunes apprenants, parfois démotivés mais qui semblent alors accrochés à la matière lorsqu'on intègre, dans l'acte pédagogique, les outils numériques qu'ils apprécient. La Classe inversée est considérée comme l'une des stratégies d'enseignement qui s'appuient sur les technologies de l'information et de la communication. Un survol de la littérature permet de d'identifier de multiples avantages de la Classe Inversée. Nous tentons de cerner, à travers l'expérimentation, quelques conséquences pratiques de cette démarche et suggérer des pistes à explorer. En effet, le but de cette recherche étant de fournir une analyse sur l'approche de la classe inversée en se basant sur le regard des apprenants, vérifier également ses effets, examiner l'apport des TIC mobilisées lors de l'expérience et déterminer les axes d'amélioration y associés.

2 CADRE THEORIQUE

2.1 DEFINITION DU CONCEPT « CLASSE INVERSEE »

Selon D. Bouchillon (2013), « La classe inversée consiste, comme son nom l'indique, à inverser le concept traditionnel de la classe : cours magistral ou cours magistral déguisé en cours dialogué en classe et exercices à la maison. Avec la classe inversée, les élèves sont mis en activité en classe, le travail à la maison se concentre sur la partie magistrale, par l'apport de connaissances pures au travers de ressources variées » [2]. Audrey Miller (2013), quant à lui, précise la démarche typique de la classe inversée : « toute la partie magistrale est dispensée de façon électronique (capsules vidéo, lectures, visites virtuelles, etc.) et le temps de classe est consacré au travail d'équipe, aux discussions et aux activités d'apprentissage actives. » [3]. Dans ce modèle pédagogique, « les contenus de cours sont livrés au moyen de ressources consultables en ligne et le temps de classe est exclusivement consacré à des projets d'équipe, à des échanges avec l'enseignant et entre pairs, à des exercices pratiques et à d'autres activités de collaboration » [4]. Afin de s'assurer que l'étudiant a vu déjà le cours et vérifier sa compréhension de la leçon, l'enseignant peut demander aux apprenants d'effectuer, chez lui, des tâches complémentaires : un résumé des contenus, un questionnaire de compréhension, des quiz, des exercices interactifs...

D'après un article intitulé « Vers la Classe Inversée en PES », Marcel LEBRUN mentionne dans son essai que la classe inversée n'est pas une méthode mais un changement de paradigme et de manière de penser l'enseignement [5]. Le concept de « classe inversée », selon Lebrun (2013), enveloppe une importance primordiale étant donné le potentiel d'hybridation qu'il offre pour améliorer, développer et modifier le processus pédagogique à travers des dispositifs mixtes en combinant des cours présentiels et à distance. Comme son nom l'indique, la classe inversée consiste à inverser la tradition et l'habitude à l'école : leçon en classe, activités, exercices à la maison. Une méta-analyse de 24 études portant sur la classe inversée réalisée par Jacob Bishop de la Utah State University et Matthew Verleger de la Embry-Riddle Aeronautical University en Floride montre que la classe inversée combine les caractéristiques de plusieurs approches pédagogiques : l'approche par compétences, la pédagogie différenciée, la pédagogie active, l'auto-apprentissage, le socioconstructivisme, l'approche par résolution de problème, etc.[6]. Donc, la classe inversée relève d'un dispositif hybride permettant la mise en place d'une ou plusieurs pédagogies, qui restent à définir, et qu'il faut choisir en fonction des particularités des différents contextes d'action.

2.2 LA CLASSE INVERSEE EN PRATIQUE

En se référant à la taxonomie de Bloom révisée, Dufour (2014) a proposé une image comparant le modèle traditionnel et celui de la classe inversée [7]. Dans le modèle traditionnel, la partie de l'apprentissage effectuée en classe concerne des tâches de bas niveau cognitif (connaître, comprendre, appliquer). Le développement et l'approfondissement des compétences par des tâches de plus haut niveau cognitif (analyser, évaluer, créer) sont généralement laissées au travail hors la classe. Dans le modèle de la classe inversée, les cours sont envoyées en dehors de la classe, par l'intermédiaire de vidéos, de podcasts, ou de

textes à lire. Le temps de la classe peut donc être exploité pour réaliser des activités plus complexes permettant de développer des compétences.

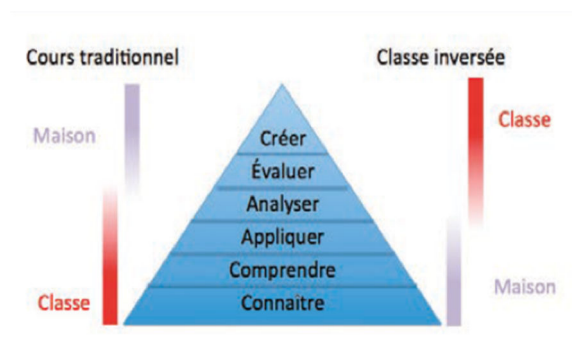


Fig. 1. La Taxonomie de Bloom inversée (H. Dufour, 2014)

Il existe plusieurs modèles de la Classe Inversée (Ex : le modèle de Mazur, le modèle de Bergnann et Sams et le modèle de Marcel Lebrun), mais le principe de base reste le même (voir Tableau 1).

Tableau 1. La réorganisation spatio-temporelle de la classe inversée en comparaison avec la classe traditionnelle

		Temps		Classe
		Avant	Après	
Lieu	Ecole	Connaissances théoriques (connaître, comprendre, appliquer)	Eclaircissement des zones d'incompréhension +activités plus complexes sur le plan cognitif+différenciation	Inversée
	Maison	Apprendre le cours en autonomie, utilisant souvent des informations numériques multiformes. Une évaluation peut accompagner ses ressources. (Parfois interaction via des forums...)	Exercices +conception de projets...	Traditionnelle

2.3 LE MODELE DE MARCEL LEBRUN

Marcel Lebrun (2017) propose trois niveaux de la classe inversée [8] :

- Le niveau 1 : « repositionne les espace-temps traditionnels de l'enseigner-apprendre »
- Le niveau 2 : Le temps « avant-classe » est réservé à la contextualisation active comme la recherche d'informations, lecture d'un article... « Le temps en classe » est consacré à la présentation de la thématique par les apprenants, débats sur les articles lus, analyse des situations problème, évaluation par les pairs, création d'une carte conceptuelle....

Tableau 2. Les niveaux 1 et 2 de la classe inversée selon Marcel Lebrun

	Niveau 1	Niveau 2
Distance	Vidéos, textes... (envoi des connaissances de base)	Recherche documentaire / Travaux sur le terrain / Préparation d'une activité
Présence	(Pédagogies actives) Débats, questions/ réponses, etc.	Exposés, animations, débats Activités de modélisation

- Le niveau 3 : Hybridation de ces deux précédents niveaux basés sur quatre temps :

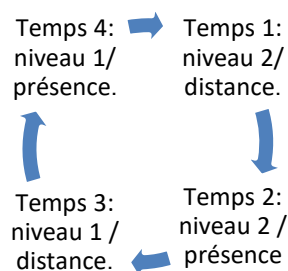


Fig. 2. Le niveau 3 de la classe inversée

2.4 L'USAGE DES TICE

Les technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) sont de plus en plus présentes dans la vie quotidienne et modifient notre mode de vie et de communication. Cette nouvelle culture du numérique entraîne une profonde évolution dans le domaine de l'éducation, en particulier dans les pratiques des enseignants. Toutefois, Selon Mehdi Lazar, nous ne devons pas voir les TICE comme un élément central dans un processus d'apprentissage global et les intégrer sans penser à la pédagogie premièrement. Ce qui compte, c'est l'application pédagogique de la technologie. Cette dernière devrait également être revue. [9]

La classe inversée n'implique pas l'utilisation de technologies numériques. Celles-ci ne sont qu'un outil pédagogique qui aide à faire. L'enseignant pourrait également choisir de transmettre le contenu par des manuels ou des photocopies tout en conservant l'esprit de la classe inversée [10]. Toutefois, l'utilisation de la technologie donne une variété dans la façon d'aborder le contenu. Elle permet également d'assurer l'interactivité virtuelle entre les apprenants et l'enseignant (forum, réseaux sociaux...). De surcroît, selon H. Dufour, la technologie offre la possibilité de réaliser des évaluations diagnostiques et formatives à travers un logiciel de création de questionnaire (Google ou LMS). Selon la même auteure, les TIC facilite la mise en place de la classe inversée et la rend plus motivante pour les étudiants.

Plusieurs outils technologiques sont mis à la disposition des enseignants et des apprenants, toutefois, seule l'expérience professionnelle qui permet de trouver l'outil le mieux adapté aux besoins des apprenants. M. Lebrun (2007) propose un modèle pentagonal à cinq composants à appliquer pour construire une pédagogie active. Les TICE au sein de la classe inversée peuvent répondre à ces composants [11] : Se motiver, s'informer, s'activer, interagir, produire. P. Marquet, quant à lui :

« Ce que les différentes formes de distance et les technologies numériques apportent, c'est d'abord de pouvoir sortir du cadre imposé par l'unité de temps et de lieu de la classe ou de la formation classique. [...] Faire avec les technologies numériques ce que l'on ne peut pas faire sans elles va bien au-delà des différentes façons d'introduire ou de jouer de la distance. Ce sont les possibilités de médiation des savoirs qui s'en trouvent augmentées et qui rendent possible l'accès à des savoirs ». [12]

Il existe plusieurs façons pour transmettre le contenu aux apprenants. Le plus usuel étant via l'enregistrement d'une vidéo par l'enseignant sur le sujet à l'étude. Cependant, les techniques et les procédés pour transmettre le contenu évoluent en fonction de la fréquence et de taux des pratiques de cette démarche pédagogique. Ils dépendent grandement de la créativité de l'enseignant qui les choisit selon plusieurs critères (les objectifs de la leçon, la pertinence, l'efficacité, les moyens ...). Par exemple :

- Lecture d'un texte en ligne traitant du sujet
- Consultation d'une page WEB traitant du sujet abordé
- Utilisation d'une vidéo déjà existant sur Internet Création d'un MOOC
- Utilisation d'une présentation power point détaillée, etc.

3 METHODOLOGIE

Afin de réussir l'expérimentation, nous avons opté pour la démarche de l'ingénierie de pédagogie, adoptant ainsi le modèle ADDIE (Analyse, Design, Développement, Implémentation, Evaluation).

3.1 ANALYSE

- Type de classe inversée : le niveau 1 (selon le modèle de Marcel Lebrun).
- Thème : La protection de l'adolescent contre les fléaux sociaux « Le tabagisme »
- Identification de l'établissement : Collège IBN MAJAH, situé au quartier My Abdellah à Casablanca.
- Finalité de la leçon : Comprendre les effets nocifs du tabagisme et se positionner dans une attitude saine.
- Situation actuelle : contraintes temporelles / démotivation
- Situation visée : différenciation, enseignement personnalisé, motivation
- Durée estimée : 8heures.
- Population visée :

Public	Nombre	Age	Niveau	Mode de choix
Les élèves du collège IBN MAJAH	23 élèves : 12 filles et 11 garçons	Entre 13 et 17 ans	Cycle secondaire collégial	Volontaire + Signature du contrat de consentement (avoir les moyens)

- Les objectifs :

Objectifs généraux	Objectifs spécifiques
Connaitre et comprendre le tabagisme et ses effets néfastes	1-Définir le tabagisme. 2-Identifier les types et les formes du tabagisme. 3-Citer les effets néfastes du tabagisme sur la santé, le budget familial, les relations interpersonnelles, l'environnement et la psychologie de l'être.
S'approprier le concept de « Tabagisme »	1-Approfondir ses connaissances et enlever l'ambiguïté cognitive. 2-Examiner des situations-problèmes en rapport avec les effets du tabac. (L'enseignant se focalise un peu plus sur les élèves en difficultés).
Analyser des cas particuliers et en déduire les causes du tabagisme	1-Examiner les expériences de quelques cas proposés par l'enseignant. 2-Commenter ces cas 3-Proposer des cas similaires 4-Conclure les causes du tabagisme.
Créer des solutions pour faire face au tabagisme	1-Produire des idées originales et efficaces qui peuvent être considérées comme des solutions faisables. 2-Exposer ses idées clairement 3-Evaluer les idées par les pairs
Connaitre des modèles de dépliants ou affiches	1-Distinguer les différents éléments du dépliant et de l'affiche 2- Décrire les étapes de conception
Réalisation du projet Concevoir des dépliants et affiches pour la sensibilisation contre le tabagisme au sein du collège	1-Choisir des idées convenables 2-Intégrer des images significatives 3-Rédiger des slogans, messages... 4-Comparer et évaluer les dépliants.

3.2 DESIGN

Cette étape concerne principalement la conception pédagogique détaillée. Elle recouvre l'organisation séquentielle de ressources éducatives variées (objectifs, contenus d'apprentissage, activités, ressources, supports...), combinant des séquences à distance et autres présentiels :

Séquence 1 : Le tabagisme et ses effets néfastes

- Mode : à distance
- Objectif pédagogique : Connaitre et comprendre le tabagisme et ses effets néfastes
- Contenu (mots clés) : Tabagisme, toxicomanie, Tabagisme : actif / passif, Formes : fumé/ prisé/ chiqué, composition de la cigarette, Conséquences sanitaires : effets sur la santé et dépendance, Impact socio-économique et environnementales, effets psychiques.

- Activités de l'enseignant : A travers LMS (système de gestion d'apprentissage), Il envoie aux élèves le cours du tabagisme et ses effets néfastes dans le site : ensc.ma/tabagisme. Ce cours est sous forme de capsule vidéo, images, texte.
- Activités de l'apprenant : Il consulte le cours sur le site wordpress, réagit dans le forum et répond au quizz.
- Méthodes pédagogiques : interactives
- Ressource (support) : Connaissances théoriques sur le site wordpress : ensc.ma/tabagisme + quizz
- Temps : L'envoi se fait une semaine avant le cours présentiel.

Séquence 2 :

- Mode : présentiel
- Objectifs pédagogique 1 : S'approprier la définition et l'impact du tabagisme
- Activités de l'enseignant : Faire des points d'ancrage / Répondre aux interrogations des élèves / Se focaliser un peu plus sur les élèves en difficultés.
- Activités de l'apprenant : Pose des questions / interagit avec ses pairs et avec l'enseignant
- Méthodes pédagogiques : interactive
- Ressource (support) : synthèse (cours ppt)
- Temps : 1/2h
- Objectifs pédagogique 2 : Analyser des cas particuliers et en déduire les causes du tabagisme
- Contenu (mots clés) : **Les causes** : La frustration / Les mauvais compagnons / Le désir de l'expérience / La recherche de la virilité / La consommation des parents / L'ignorance de ses conséquences...
- Activités de l'enseignant : Exerce un rôle de tuteur dont les missions principales sont basées sur le soutien et l'accompagnement individualisé en fonction du niveau et des spécificités de chacun...
- Activités de l'apprenant : Echantent les idées, interagissent / S'aident mutuellement ...
- Méthodes pédagogiques : Active / Participative (travail de groupes) **Technique** : Philips 6*6+ Remue méninge
- Ressource (support) : Enoncés des expériences des étudiants avec le tabac.
- Temps : 45min
- Objectifs pédagogique 3 : Créer des solutions pour faire face au tabagisme
- Contenu (mots clés) : Solutions personnelles / Solutions à l'échelle nationale / Solutions à l'échelle de l'établissement scolaires...
- Activités de l'enseignant : Tutorat / Accompagnement.
- Activités de l'apprenant : Interaction / Discussion (apprentissage socio-constructiviste)
- Méthodes pédagogiques : table ronde
- Temps : 45min

Séquence 3 : Ressources documentaires pour la réalisation du projet

- Mode : à distance
- Objectif pédagogique : Connaître des modèles de dépliants et affiches de sensibilisation
- Contenu (mots clés) : Images utilisées / Titres / Messages / Slogans / Idées...
- Activités de l'enseignant : envoie aux élèves les ressources nécessaires et répond aux questions posées dans le forum...
- Activités de l'apprenant : consulte les documents, comprend la méthodologie et les éléments d'un dépliant ou une affiche
- Méthodes pédagogiques : interactive
- Ressource (support) : modèles de dépliants
- Temps : l'envoi se fait une semaine avant la 2^{ème} séance présentielle

Séquence 4 : Réalisation du projet

- Mode : présentiel
- Objectif pédagogique : Concevoir des dépliants et affiches pour la sensibilisation contre le tabagisme au sein du collège.
- Contenu (mots clés) : tout le contenu de la leçon

- Activités de l'enseignant : corrige les erreurs, guide, encourage...
- Activités de l'apprenant : mobilise les savoirs, les savoir-faire et le savoir-être acquis pour la conception des documents de sensibilisation
- Méthodes pédagogiques : Active / Participative (Travail de groupe) Technique : Philips 6*6
- Temps : 2 h

3.3 DEVELOPEMENT

La plateforme : nous avons choisi comme système de gestion d'apprentissage (LMS) la création d'un site web.

D'abord, nous avons créé un site avec wordpress, dans lequel, nous avons mis les supports de la leçon (vidéos, images et texte) à consulter par les élèves. (Voir les captures d'écran ci-dessous).

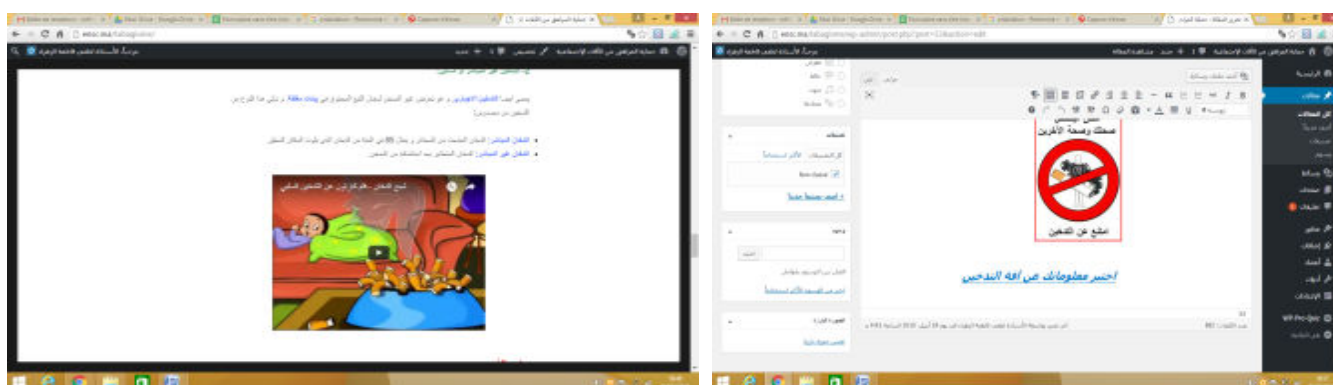


Fig. 3. Les supports du cours en ligne

Ce site contient un espace d'interaction où les élèves discutent entre eux, ils peuvent également laisser des commentaires, demander des éclaircissements auprès de l'enseignant ou ajouter d'autres informations pour enrichir le cours... (Voir les captures d'écran ci-dessous).

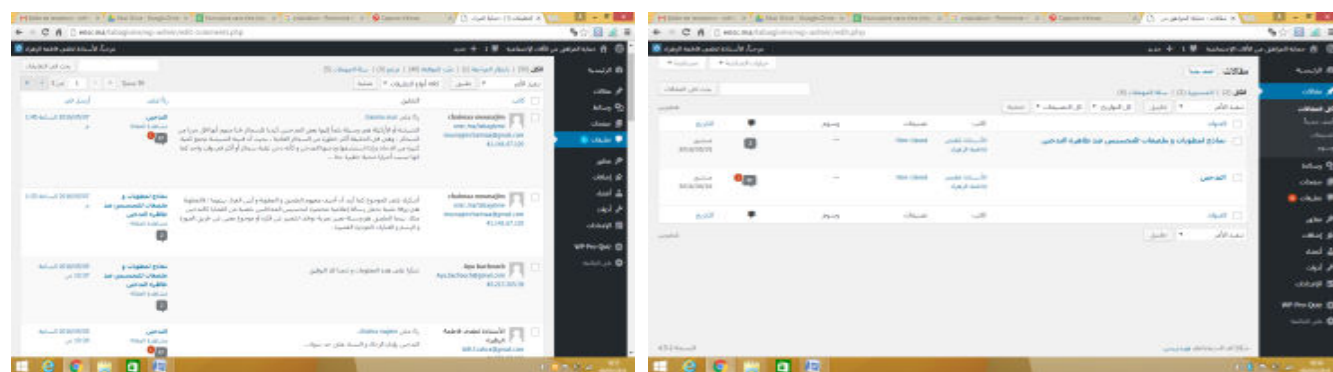


Fig. 4. L'espace d'interaction virtuel

Le site incorpore, dans un cadre d'évaluation formative, un test élaboré via google forms. Ce test permet à l'enseignant de vérifier l'atteinte des objectifs escomptés et de planifier une éventuelle remédiation lors du cours présentiel. (Voir les captures d'écran ci-dessous).

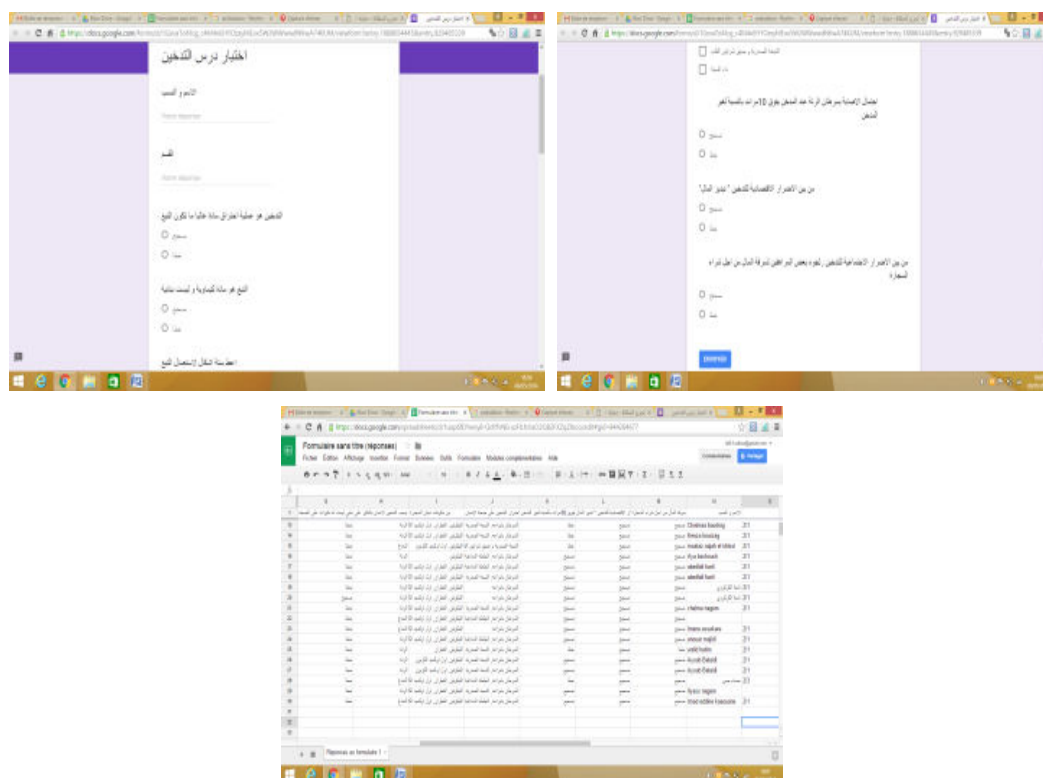


Fig. 5. L'évaluation formative à distance

3.4 IMPLEMENTATION

Il s'agit bien évidemment de la mise en œuvre du projet. Le travail auprès des élèves de la classe inversée s'est réalisé en plusieurs étapes :

- Dans une première séance, nous avons expliqué aux élèves le principe de « la classe inversée », ainsi que l'usage du site wordpress. Celui-ci n'étant pas connu par les élèves, nous avons dû leur expliquer les modalités d'utilisation de ce site et nous assurer qu'ils sont capables de l'utiliser pleinement en dehors du temps scolaire.
- Déroulement : l'action s'est déroulée dans des conditions favorables marquées par une implication vive des apprenants et un échange fructueux. (Les photos ci-dessous illustrent le travail de groupe réalisé en classe).



Fig. 6. Les activités réalisées en présentiel

- A la fin, les élèves ont pu concevoir, en classe, des dépliants et des affiches pour sensibiliser les adolescents du collège contre le tabagisme. Ils ont déployé notamment toutes les compétences acquises lors des séquences pour créer leurs propres produits.



Fig. 7. La création des dépliants et affiches de sensibilisation contre le tabagisme

3.5 EVALUATION

A la fin de l'expérience, nous avons administré un questionnaire aux participants. Cet outil de recherche contient une série d'énoncés à l'échelle de Likert à 5 niveaux de satisfaction (pas du tout d'accord, pas d'accord, ni en désaccord ni d'accord, d'accord, tout à fait d'accord) :

1. Je trouve du plaisir à apprendre avec le modèle de la classe inversée
2. Je n'encourage pas mes amis à s'engager dans un processus d'apprentissage axé sur la classe inversée
3. La classe inversée me donne plus d'opportunités pour communiquer avec d'autres étudiants hors de la classe
4. J'aime regarder le cours sous forme de capsule vidéo
5. Je passe moins de temps à faire des ateliers et projets en classe.
6. La classe inversée me permet d'apprendre la leçon selon mon propre rythme
7. Je préfère le cours présentiel habituel que visualiser une vidéo de cours ou lire un texte chez moi
8. J'apprends mieux avec la classe inversée.
9. La classe inversée est réductrice du temps d'échange dans la classe.
10. Je suis plus motivé à apprendre l'éducation familiale via la classe inversée.
11. La classe inversée n'a pas amélioré mon apprentissage de l'éducation familiale.
12. Je ne voudrais pas refaire l'expérience de la classe inversée.
13. Je préfère l'accès au cours via le site wordpress parce que son usage est facile.

Il contient aussi trois questions semi-ouvertes :

1. Quels sont les avantages de la classe inversée ?
2. Quels sont les inconvénients de la classe inversée ?
3. Quelles améliorations recommandez-vous pour apprendre mieux à travers la classe inversée ?

Et une question carrément ouverte : « indiquer tout autre commentaire que vous souhaitez faire au sujet de la classe inversée ! »

Pour avoir une large compréhension des points de vue des élèves, l'étude a mis en œuvre une approche mixte combinant les méthodes quantitative et qualitative. En ce qui concerne l'analyse quantitative, les données ont été examinées en utilisant la médiane, le mode, la moyenne et le coefficient de variance. Chaque thème a été représenté graphiquement sur la base du nombre total d'étudiants répondant aux questions y associées selon l'échelle de Likert. Les données qualitatives ont été triées par thèmes communs basés sur les quatre questions à réponse semi ouverte ou ouverte. Les réponses ont été regroupées par cohérence à chaque thème particulier.

4 RÉSULTATS

Les deux analyses qualitatives et quantitatives ont été utilisées afin de fournir une enquête assez exhaustive et détaillée de la perception des élèves à l'égard de la classe inversée. Les données quantitatives ont donné un aperçu sur l'opinion générale des étudiants interrogés, alors que les données qualitatives ont aidé à donner à chaque élève l'occasion d'aborder plus en détail certains points relatifs à la mise en œuvre de la classe inversée.

4.1 LES RESULTATS QUANTITATIFS

Le premier objectif de recherche guidant cette étude portait sur le regard des élèves à l'égard de la classe inversée en se basant sur deux dimensions : la motivation et la qualité d'enseignement-apprentissage.

- Il y avait quatre éléments qui ont évalué les perceptions générales des élèves de leurs motivations concernant l'apprentissage via la classe inversée (les énoncés : 1, 2, 10 et 12).

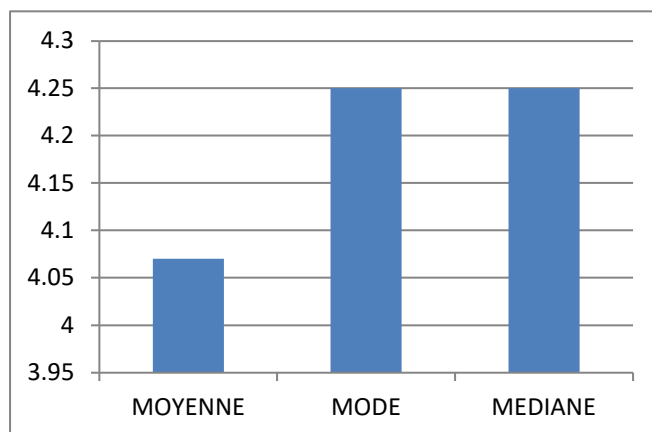


Fig. 8. La motivation des élèves à apprendre via la classe inversée

En somme, la motivation des apprenants se positionne sur une moyenne de 4,07 avec un coefficient de variance de 19%, illustrant ainsi une grande motivation des élèves pour ce mode d'apprentissage basé sur la classe inversée.

- Les items 3, 5, 6, 8, 9 et 11 ont examiné la satisfaction des élèves quant à la qualité d'enseignement-apprentissage via la classe inversée.

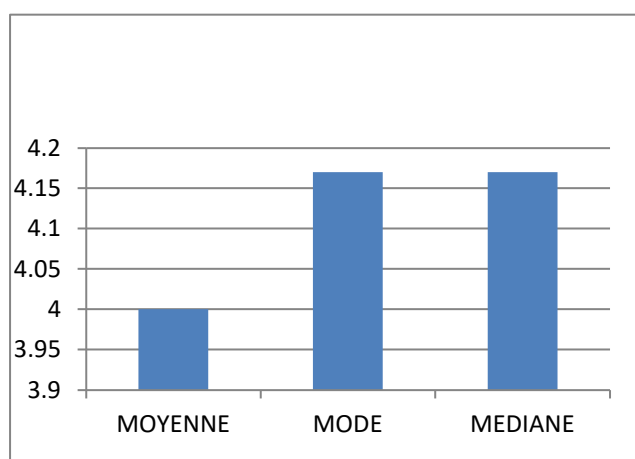


Fig. 9. La qualité d'enseignement-apprentissage via la classe inversée

Les résultats de ce thème indiquent que la grande majorité des étudiants voient que la classe inversée a un effet positif sur leurs apprentissages et permet une grande interactivité, dans la mesure où la moyenne des scores de ce thème est égale à 4 avec un coefficient de variance réduit de 9%.

Le deuxième objectif de cette étude a porté sur l'usage des TIC utilisées lors de l'expérience.

- Les affirmations 4, 7 et 13 ont examiné l'emploi des TIC dans la classe inversée.

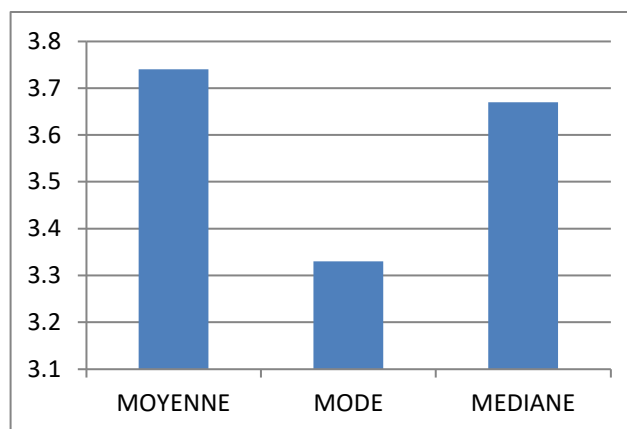


Fig. 10. L'emploi des TIC dans la classe inversée

En général, les étudiants apprécient les TIC intégrées dans le modèle de la classe inversée avec une moyenne des scores égale à 3,74 et un coefficient de variance de 20%.

4.2 LES RESULTATS QUALITATIFS

Les réponses qualitatives viennent approfondir et expliquer plus en détails les premiers résultats quantitatifs. Les réponses qualitatives similaires ont été classées dans des thèmes communs émergeant à travers les quatre questions ouvertes.

4.2.1 LES AVANTAGES DE LA CLASSE INVERSEE

- 1er thème : la classe inversée respecte le rythme d'apprentissage de chaque élève.

Quatre-vingt-deux (82%) des élèves interrogés mentionnent qu'ils ont apprécié le fait d'apprendre le cours selon leurs propres rythmes. Dans le modèle de la Classe inversée, ils ne sont pas obligés de suivre le rythme fixé par l'enseignant. Un étudiant déclare : « le cours en ligne me permet de voir les vidéos plusieurs fois, lire et relire le document, je ne me sens pas pressé par le temps... »

- 2ème thème : le temps libéré en classe favorise l'apprentissage individualisé ou personnalisé assuré par l'enseignant.

Soixante (60%) des apprenants déclarent qu'ils sont contents du fait que l'enseignant s'arrête sur les difficultés de chacun, leur réserve assez de temps pour clarifier des ambiguïtés qui intéressent la leçon. Les élèves qui sont en avance peuvent passer à un niveau d'apprentissage plus haut. Un étudiant dit : « ...en classe, on peut répéter plusieurs fois les parties que j'ai pas saisies immédiatement... »

- 3ème thème : le cours en ligne sert à se rattraper en cas d'absence.

Quatre étudiants ont mentionné qu'avec la Classe inversée, il est plus facile de se rattraper quand l'élève s'absente pour plusieurs raisons (maladie, voyage, autres engagements...). Le moment et le lieu de l'accès au cours en ligne sont librement choisis par l'étudiant. Un élève déclare : « les cours en ligne sont parfaits pour les étudiants qui n'ont pas pu assister en classe... ».

- 4ème thème : Le temps de la classe est exploité pour réaliser des apprentissages de hauts niveaux.

Soixante-dix-huit (78%) des étudiants sont satisfaits des activités effectuées en présentiel à savoir les études de cas, l'élaboration du projet, la résolution de situations-problèmes... Ils ont aimé le fait d'avoir la possibilité de faire des activités créatives en classe... Plusieurs étudiants déclarent qu'ils préfèrent « concevoir les affiches et les dépliants avec leurs camarades en classe », plutôt que travailler seuls à la maison...

- 5ème thème : Le modèle de la Classe inversée permet plus d'interaction (apprentissage socioconstructiviste).

Soixante-douze (72%) d'étudiants déclarent qu'ils avaient beaucoup de chance de parler avec leurs camarades, discuter les situations problèmes, communiquer pleinement en classe ou virtuellement via le forum du site wordpress... Un étudiant dit : « j'ai beaucoup aimé les ateliers et le travail de groupe en classe...ça me permet de comprendre mieux grâce à la discussion avec l'enseignante et mes copains... ».

Bien qu'il y ait des thèmes communs aux réponses des élèves, il y avait aussi plusieurs réponses aberrantes. Sur les 23 étudiants interrogés, il convient de noter que chaque étudiant répertorie au moins un avantage de la Classe Inversée.

4.2.2 LES INCONVENIENTS DE LA CLASSE INVERSEE

- 1er thème : difficultés liées à l'auto-apprentissage.

Cinq étudiants ont eu du mal à assimiler des notions du cours tous seuls, ils ont toujours besoin de l'intermédiaire... Un étudiant mentionne : « ...j'ai peur de prendre la responsabilité de mon apprentissage... ». Un autre dit : « ...je dois attendre jusqu'à la séance de la classe pour comprendre mieux... ». En revanche, deux parmi eux apprécient le rôle du forum dans le site wordpress qui demeure, à leurs yeux, une solution pour demander des clarifications auprès de l'enseignant ou les camarades sous contrôle du prof.

- 2ème thème : Contraintes liées à l'accès à l'internet.

La majorité des élèves (88%) ont suscité la difficulté d'accéder à l'internet tout le temps. L'accès au cours en ligne est tributaire de l'existence d'une connexion internet... Un étudiant dit : « si je ne dispose pas d'internet, je ne pourrai pas apprendre le cours virtuel... ». Un autre dit : « ...il y a des élèves qui ne vont pas visionner la capsule vidéo à la maison sous prétexte qu'ils n'ont pas de connexion... »

- 3ème thème : Certains refusent de travailler à la maison.

Deux étudiants déclarent qu'ils n'aiment pas travailler à la maison et préfèrent faire tout en classe. Un d'eux dit : « le travail à la maison est fatigant, je n'aime pas apprendre quelque chose en dehors de la classe. ». Trois des 23 étudiants (10%) n'ont cité aucun inconvénient de la Classe inversée.

4.2.3 LES AMELIORATION DE LA CLASSE INVERSEE

La troisième question de réponse semi ouverte a demandé aux élèves ce qu'ils recommandent comme améliorations suite à l'expérience de la Classe inversée. La majorité des réponses concernent les types d'activités en classe et la qualité du cours en ligne. « Les activités en classe » demeurent la suggestion la plus récurrente pour l'amélioration de la Classe inversée. Neuf des 23 étudiants (39%) ont proposé d'autres activités, genre : les jeux de rôle, le théâtre, faire des exposés, élaboration des cartes conceptuelles...

Les étudiants ont également déclaré que des améliorations pourraient être apportées au cours en ligne. Quatre étudiants ont mentionné qu'ils aimeraient voir les vidéos qui vont lentement. Ils se sentaient se précipiter pour suivre et ont dû faire une pause à chaque fois. Un autre étudiant a remarqué que le cours était très long en disant : « ...Je me sens ennuyé en lisant tout le texte... » Un autre élève a mentionné que le contenu du cours en ligne devrait être « ... simple, facile et à la portée de tous les élèves... ». Les élèves ont mentionné un certain nombre de recommandations sur les équipements. Un étudiant propose : « Il faut avoir un ordinateur pour chaque élève. », un autre a dit : « je préfère qu'il y ait une salle spacieuse, bien équipées avec des tables rondes... » Six parmi les 23 étudiants (26 %) n'ont pas répondu à cette question.

4.2.4 AUTRES COMMENTAIRES

La dernière question de l'enquête, « S'il vous plaît indiquez tout autre commentaire que vous souhaitez faire au sujet de la Classe Inversée », a été intégrée pour donner aux apprenants la possibilité de fournir une rétroaction supplémentaire qui n'a pas été lié ni aux 13 questions de l'échelle de Likert ni aux 3 questions semi-ouvertes. Douze des 23 étudiants (51%) ont utilisé cette question pour écrire des commentaires positifs sur leur expérience avec la Classe inversée : « La classe inversée marche très bien pour moi. Mon apprentissage de l'éducation familiale s'est beaucoup amélioré. », « J'adore l'ambiance en classe ».

Deux des 23 étudiants (9%) interrogés ont signalé qu'ils ne sont pas pour le modèle de la Classe inversée. Un étudiant a déclaré « ...c'est un programme intéressant, mais je préfère la façon habituelle du cours. » Un certain nombre des étudiants (7) ont fait des remarques sur la pratique enseignante lors de l'expérience : « la maitresse est très à l'écoute sur le forum... », « ...je reçois des éclaircissements immédiatement » ...

Il y avait deux élèves qui n'ont pas répondu à cette question supplémentaire.

5 CONCLUSION

La présente expérience nous a permis de tirer trois conclusions principales qui pourraient contribuer au domaine de la recherche lié à la Classe Inversée au Maroc.

Premièrement, la majorité des étudiants sont motivés à apprendre selon le modèle de la classe inversée, ils ont également un regard positif sur cette pratique qui répond, généralement, aux besoins individuels de chacun d'eux en termes d'apprentissage, accroît l'interaction, l'échange et le temps de contact personnalisé entre les apprenants et l'enseignant. En outre, le temps récupéré par la classe inversée est dédié au développement des compétences à travers des activités et des situations destinées à fixer l'apprentissage par le vécu, à savoir les projets de groupe qui donnent un vrai sens au contenu scolaire.

La seconde conclusion majeure de cette étude concerne l'intégration des TIC. Elles jouent notamment un rôle crucial dans la mise en place de la classe inversée dans la mesure où le savoir devient accessible en tout temps, en tout lieu et sur tous supports, ce qui permet aux apprenants absents de ne pas se laisser distancer. Les étudiants ont indiqué qu'ils ont aimé la leçon sous format vidéo, cette constatation est importante, car elle montre que des vidéos pédagogiques dans l'enseignement peuvent être une solution efficace pour rappeler les prérequis indispensables. Ils ont apprécié notamment l'accès au site wordpress qui constitue un espace virtuel permettant l'accès au contenu, la discussion et encore l'évaluation.

La troisième principale conclusion porte sur les axes d'amélioration. Il s'agit des activités réalisées en classe qui devraient être plus variées (exposés, jeux de rôles, invitation d'experts, création de cartes conceptuelles ...). L'amélioration devrait toucher également le cours en ligne qui doit être court, facile à comprendre, accessible par tout le monde, etc. Ces mesures devront être prises en compte afin de rendre l'auto-apprentissage plus facile. Les apprenants préfèrent aussi que la salle de la classe inversée soit bien équipée et dispose de tables rondes pour encourager l'échange qui demeure l'un des piliers de l'apprentissage socioconstructiviste. Avoir un ordinateur et une connexion pour chacun sont aussi une exigence au regard des élèves.

En somme, Un enseignant, avant de mettre en œuvre une classe inversée, devrait réfléchir si sa classe pouvait être inversée. Est-ce qu'il voit qu'il ne trouve pas suffisamment de temps en classe pour faire les activités qu'il juge nécessaire à faire ? Dépense-t-il un temps important dans la transmission d'informations ? A-t-il du mal à répondre aux divers besoins individuels de leurs apprenants ? Les apprenants disposent-ils des ressources nécessaires ? Etc.

La classe inversée est une démarche qui permet aux enseignants de dédoubler leur présence et d'avoir du temps supplémentaire en classe. Elle offre une manière qui permet de passer d'un modèle centré sur l'enseignant à un modèle centré sur l'apprenant. Et avec l'avènement des nouvelles technologies et les médias sociaux, de nombreuses options à utiliser sont maintenant disponibles ou à découvrir. L'enseignant d'aujourd'hui devrait apprendre à concevoir aussi des cours asynchrones. Ne serait-il pas intéressant d'encourager l'autonomie des enseignants, les motiver et revoir leur formation professionnelle pour les initier à intégrer le monde numérique et agir efficacement ?

REFERENCES

- [1] Tardif Maurice, Lessard Claude, *Le travail enseignant au quotidien. Expérience, interactions humaines et dilemmes professionnels*. In: *Recherche & Formation*, no.34, 2000. Innovation et réseaux sociaux, sous la direction de Françoise Cros. pp. 148-150, 1999.
- [2] D. Bouchillon, *La classe inversée, bilan d'une expérience*, juillet-2013.
- [3] A. Miller, *Faire ses premiers pas vers la classe inversée*, mai-2013
- [4] Service de soutien à la formation de l'université de Sherbrooke [SSFUS], 2011.
[Online] Available: <https://www.usherbrooke.ca/ssf/veille/dossiers-de-la-veille/classe-inversee/> (le 5/9/2019)
- [5] Marcel LEBRUN, *Vers la Classe Inversée en PES*
[Online] Available: http://www.biotechno.fr/IMG/scenari/classe_inversee/co/grain_classe_inversee.html. (Le 8/9/2019).
- [6] Jacob Bishop et Matthew Verleger, *Méta-analyse de 24 études*.
[Online] Available: <http://www.cndp.fr/agence-usages-tice>. (Le 8/9/2018)
- [7] H. Dufour, *La classe inversée*, 2014. [Online] Available:
https://www.acparis.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-10/articletechnologie193_classe_inversee_hdufour_bd.pdf
(le 6/7/019).
- [8] Marcel Lebrun, *Vers une typologie des classes inversées : Contribution à une typologie des classes inversées : éléments descriptifs de différents types, configurations pédagogiques et effets*, 2017.
- [9] Mehdi Lazar, *La classe inversée : une piste d'avenir pour la France ?*
[Online] Available: <https://www.latribune.fr/blogs/la-tribune-des-expats/20130923trib000786575/la-classe-inversee-une-piste-d-avenir-pour-la-france-.html>. (le 8/12/2018)
- [10] H. Dufour, *La classe inversée*, 2014
- [11] Lebrun, *Théories et méthodes pédagogiques pour enseigner et apprendre : quelle place pour les TIC dans l'éducation / Chapitre : Mais qu'est ce qu'apprendre ? Tableau des cinq ingrédients du processus d'apprendre*, 2007.
- [12] Daniel Peraya, Pascal Marquet, Thomas Hülsmann et Pierre Mœglin, *Distances et médiations des savoirs*.
[Online] Available : <http://journals.openedition.org/dms/153>. (Le 11/4/2019)

Améliorer l'enseignement de l'Education Relatif à l'Environnement dans le système éducatif marocain

[Improving the teaching of Environmental Education in the Moroccan education system]

Bouchra Bekhat, Mourad Madrane, Rachid Janati-Idrissi, Rajae Zerhane, and Mohamed Laafou

Interdisciplinary Laboratory of Research in Pedagogical Engineering (LIRIP), Ecole Normale Supérieure, Abdelmalek Essaadi University, Tétouan, Morocco

Copyright © 2020 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 face of environmental problems, effective teaching about the environment is more than necessary. However, Environmental Education confronts several obstacles at the didactic level. The traditional method dominates the professional practices of teachers. The goal of this research is to make the teaching of Environmental Education more effective. To do this, we adopted a quantitative methodology based on a questionnaire for teachers of Science life and earth and the other for learners. This research shows that teachers need ongoing training in Environmental Education. These courses are essential to offer students a more effective teaching. Also, this research shows that students are motivated in ecological outings and they show great autonomy in their learning processes.

KEYWORDS: Environmental Education, Didactics, Ecological outings, Motivation, Autonomy.

RÉSUMÉ: Face aux problèmes relatifs à l'environnement, un enseignement efficace à l'environnement s'avère plus que nécessaire. Toutefois, l'Education Relatif à l'Environnement confronte plusieurs obstacles au niveau didactique. La méthode traditionnelle domine les pratiques professionnelles des enseignants. L'objectif de cette recherche est de rendre l'enseignement de l'ERE plus efficace. Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie quantitative basée sur un questionnaire destiné aux enseignants de SVT et l'autre pour les apprenants. Cette recherche montre que les enseignants ont besoin des formations continues en matière de l'ERE. Ces formations sont indispensables pour offrir aux élèves un enseignement plus efficace. Aussi, cette recherche montre que les élèves sont motivés dans les sorties écologiques et ils manifestent une grande autonomie dans leurs processus de l'apprentissage.

MOTS-CLEFS: Education Relatif à l'Environnement, Didactique, Sortie écologique, Motivation, Autonomie.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte mondial et régional marqué par les problèmes de l'environnement, une culture environnementale est souhaitable voire indispensable. Le bien-être des populations humaines, tout comme l'équilibre des écosystèmes, reposent sur des ressources naturelles. Cependant, au niveau de la planète, on assiste de plus en plus à une diminution des ressources d'une part, à une augmentation de l'exploitation soutenue des ressources d'autre part. A travers le monde, le manque d'eau est un problème qui remonte à plusieurs décennies. Les données actuelles sur les changements climatiques, la pollution et l'exploitation accrue des ressources en eau, ont incité les pays concernés à engager une réflexion en profondeur sur cette problématique des ressources en eau.

Ce problème des ressources en eau ne constitue, en réalité, qu'un seul aspect d'une problématique plus globale de développement durable, c'est-à-dire de toutes les entreprises en vue d'améliorer la qualité de la vie à travers le développement d'une économie plus respectueuse de l'homme et de son environnement.

Suite à de nombreuses problématiques environnementales et écologiques, la communauté internationale a pris conscience des dangers liés à ces problématiques. Un consensus s'est dégagé sur la nécessité d'une éducation à l'environnement pour sensibiliser les citoyens à ces problématiques d'une part, développer des attitudes positives à l'égard de l'environnement, d'autre part. Notre pays ne fait pas l'exception, l'intégration de l'ERE est faite dans la nouvelle réforme pédagogique du système éducatif. Cependant, l'enseignement de l'ERE, dans le programme de SVT secondaire qualifiant, aurait un impact limité sur les idées et les comportements des apprenants. Ainsi, plusieurs questions et hypothèses méritent d'être posées pour chercher des éléments de réponse relative aux difficultés et aux obstacles du développement d'un enseignement de l'ERE de qualité. Dans la présente recherche, on va essayer de répondre à l'Hypothèse suivante : Un enseignement de l'ERE basé sur les sorties au terrain est susceptible d'en garantir la qualité.

2 EDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT : CADRE THÉORIQUE

2.1 DÉVELOPPEMENT DE L'ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT

Dans les années 60, les acteurs de l'Education à l'Environnement (EE) étaient des écologistes ou des Scientifiques naturalistes qui, chacun sur son territoire, tentait de faire passer un message de respect et de protection de la nature [1]. L'institutionnalisation des affaires environnementales progresse avec la formation de Ministère de protection de la nature et de l'environnement dans plusieurs pays du monde et l'apparition d'une nouvelle discipline scolaire : l'écologie . Les efforts mutuels des naturalistes ,des éducateurs et des associations de protection de la nature ont été couronnés par l'organisation de la première Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain ; qui s'est tenu à Stockholm en 1972 [2].

Celle-ci représente le premier repère historique officiel de l'ERE à l'échelle internationale. Parmi les recommandations de cette conférence, retenant la nécessité de construire un cadre international pour le développement de l'éducation relative à l'environnement : « ERE face à la crise mondiale de l'environnement » [3]. Cet effet a bouleversé le monde en provoquant un grand débat mondial sous forme de plusieurs réunions à l'échelle régionale. La « Charte de Belgrade » a défini pour la première fois l'objectif de l'éducation à l'environnement: "Former une population mondiale consciente et préoccupée de l'environnement et des problèmes qui s'y rattachent, une population qui ait les connaissances, les compétences, l'état d'esprit, les motivations et le sens de l'engagement qui lui permettent de travailler individuellement et collectivement à résoudre les problèmes actuels, et à empêcher qu'il s'en pose de nouveaux" [4]. En 1977, la conférence de Tbilissi fait apparaître un intérêt pour l'environnement en dehors de cet aspect « problème ».

On commence à percevoir que l'environnement peut être intéressant en soi [5]. Dix ans plus tard, en 1987, l'UNESCO et le PNUE organisent un Congrès international à Moscou, dans le but d'élaborer une stratégie internationale d'action en matière d'éducation et de formation relatives à l'environnement pour les années 1990 [6]. Le sommet de la terre tenu à Rio en 1992, représente la première participation effective du Maroc dans les conférences internationales sur l'environnement et sur le développement durable.

En effet, depuis cette participation, le Maroc a toujours affiché son ouverture sur la coopération et le partenariat international, en signant plusieurs accords internationaux relatifs à la préservation de son patrimoine environnemental. Ces conventions touchent à la biodiversité, les changements climatiques et à la lutte contre la désertification [7].

2.2 DÉFINITIONS DE L'ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT

Selon Goffin [8], L'ERE est un processus global et durable qui concerne toutes les dimensions de la personne à savoir physique, biologique, affective, intellectuelle, spirituelle, motrice, agissante et créatrice, etc.... il vise à permettre à cette personne de comprendre son environnement ; de s'y comporter de manière positive et d'évaluer correctement les incidences sur l'environnement de son propre mode de vie. Il vise également à favoriser sa participation active à la vie publique dans le développement durable.

2.3 LES OBJECTIFS DE L'ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT

Selon Anne-Suze Amicy [9], l'ERE compte cinq objectifs qui ont été précisés par l'UNESCO dans le rapport final de la Conférence Intergouvernementale de Tbilissi :

- Prise de conscience : il faut aider les groupes sociaux et les individus à prendre conscience de l'environnement global et des problèmes annexes, les aider à se sensibiliser à cette question.
- Connaissance : il faut aider les groupes sociaux et les individus à acquérir une expérience variée ainsi qu'une connaissance fondamentale de l'environnement et des problèmes annexes.
- Etat d'esprit : il faut aider les groupes sociaux et les individus à acquérir un sens des valeurs, des sentiments d'intérêt pour l'environnement et la motivation requise de vouloir participer activement à l'amélioration et à la protection de l'environnement.
- Compétence : il faut aider les groupes sociaux et les individus à acquérir les compétences nécessaires à l'identification et à la solution des problèmes de l'environnement.
- Participation : il faut donner aux groupes sociaux et aux individus la possibilité de contribuer activement à tous les niveaux à la solution des problèmes de l'environnement.

3 INTÉRÊTS DIDACTIQUES D'UNE SORTIE RELATIVE À L'ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT

Le programme en vigueur des SVT comporte une ou des sorties pour présenter quelques concepts écologiques et environnementaux. Une sortie s'inscrit parfaitement dans une pédagogie de terrain, selon laquelle les apprentissages se découleraient comme suit :

1. Des situations didactiques concrètes donnant l'occasion aux apprenants de construire leurs savoirs à partir d'expériences vécues au sein de l'environnement.
2. Des situations d'enseignement mettant les élèves face à un problème environnemental réel qui pourrait susciter leur questionnement afin d'apporter des solutions.

En outre la sortie permet un contact direct avec l'environnement et débouche sur une prise de conscience, une implication avec un engagement actif pour préserver, restaurer ou agir sur un environnement soumis à des actions néfastes. En effet, la sortie, permet, en plus de la sensibilisation, une action directe sur l'environnement. Cependant, la conception et la réalisation des sorties sont marquées par des difficultés et des problèmes que l'on peut énoncer de la manière suivante [10]:

- Problèmes relatifs à la sécurité des élèves ;
- Difficultés institutionnelles ou administratives ;
- Les problèmes de gestion et d'encadrement de la sortie ;
- Les problèmes de financement et des ressources techniques ;
- Les obstacles à la réalisation des sorties sur le terrain.

L'ERE permet véritablement dans sa méthodologie du terrain d'envisager les contenus des cours de manière horizontale et interdisciplinaire. Elle incite les étudiants à atteindre le niveau taxonomique élevé de synthèse et même d'invention car, ils éprouvent désormais le besoin de chercher des solutions à leur vécu. Elle touche au véritable sens de leur existence. Toutefois, l'enseignant, dans le système éducatif marocain, n'est pas toujours formé pour préparer et gérer convenablement une sortie visant l'étude de problématiques écologiques ou environnementales. En effet pour préparer une sortie, l'enseignant sera confronté à des obstacles et des difficultés pour concevoir et mettre en œuvre un projet de sortie. Ces obstacles sont en relation avec le sens écologique ou environnemental des concepts. De tels obstacles entravent la conception et la mise en œuvre des situations didactiques qui pourraient réellement aider à construire un savoir sensé et durable [10]. Généralement, les actions éducatives se limitent à des séances de description et d'énumération. Il y a rarement des activités qui incitent à des activités intellectuelles d'analyse, d'interprétation et d'argumentation. L'ERE telle qu'elle est dispensée ne s'inscrit pas forcément dans un enseignement des sciences. D'où l'importance des formations continues des enseignants en ERE pour améliorer leurs pratiques professionnelles et pour atteindre la finalité des décideurs du curriculum de SVT [11].

4 ETUDE QUALITATIVE SUR LE SYSTEME ÉDUCATIF MAROCAIN

4.1 MÉTHODOLOGIE

Dans cette recherche, nous avons adopté une méthodologie quantitative. La population cible est formée de lycéens et collégiens marocains et leurs enseignants. La collecte des données a été faite au moyen d'un questionnaire. En effet, le questionnaire est le moyen le plus approprié pour quantifier des données sous forme de chiffres. Afin d'approcher les enseignants en toute légalité, il a été introduit au préalable une requête auprès des directeurs des établissements scolaires pour l'obtention d'une autorisation formelle.

4.2 RÉSULTATS

4.2.1 LES ENSEIGNANT ONT BESOIN DES FORMATIONS CONTINUS EN ERE

Les principaux résultats de l'entrevu destiné aux enseignants sont :

- Les enseignants ont un manque au niveau de leur formation initiale en matière de l'ERE
- Un manque de formations continues en matière de l'ERE
- Les enseignants soulignent l'importance de la pédagogie active dans l'enseignement de l'ERE basée sur les sorties écologiques.

4.2.2 LES ÉLÈVES SONT MOTIVÉS

Les principaux résultats de l'entrevu destiné aux élèves sont :

- Une grande motivation en regard des concepts enseignés ;
- Augmentation de l'initiative (ils ne cessent pas à poser des questions) ;
- Augmentation de l'autonomie (il cherche à répondre à questions posées).

4.3 DISCUSSION

Les sciences de la vie et la terre est une discipline expérimentale ; il faut accorder beaucoup d'importance aux activités pratiques. Ces activités représentent une source vitale de la motivation extrinsèque (externe) des apprenants. En effet, la motivation est l'essence du processus de tout apprentissage. De plus, les apprenants motivés ne cessent pas, d'un côté, de poser des questions lors des sorties et de l'autre côté de fournir des réponses en coopérant et en collaborant avec leurs pairs.

Learning by doing garantit un apprentissage efficace et durable car il augmente la motivation, l'initiative et l'autonomie. Les résultats obtenus dans cette recherche sont en harmonie avec la littérature. En effet, nous avons trouvés une forte relation entre l'augmentation de la motivation des apprenants et les pratiques pédagogiques basées sur la démarche expérimentale basé sur les sorties écologiques.

Les résultats de cette recherche montrent que les enseignants de SVT concentrent sur le contenu enseigné c.à.d. la transposition didactique des concepts enseignés et la relation entre les enseignants et le savoir. Afin d'assurer un enseignement efficace, la relation Enseignant-Élève doit être en premier plan. Des formations continues en psychologie en pédagogie et en didactiques des sciences sont d'une importance fondamentale. En effet, les enseignants des SVT ont besoins de ces formations continues afin d'améliorer leurs pratiques professionnelles et leurs préparations des contenus pédagogiques.

5 CONCLUSION

Dans un contexte mondial et régional marqué par les problèmes de l'environnement, une place a été accordée aux problématiques environnementales, et ceci à travers des programmes d'enseignement, grâce à l'intégration de l'éducation relative à l'environnement dans le cursus scolaire. Nous avons constaté la quasi absence des sorties de terrains relativement à l'ERE. Par rapport à ce problème, les enseignants de l'ERE sont invités à concevoir, mettre en œuvre et exploiter efficacement les sorties de terrains. Les prolongements pédagogiques, qui sont nombreux, peuvent être les facteurs d'un processus dynamique d'éducation où l'interdisciplinarité prend tout son sens.

Les méthodologies qu'exige l'ERE se doivent d'être modernes et offrent aux enseignants ainsi qu'aux apprenants l'occasion de s'investir tant intellectuellement qu'affectivement dans les sujets proposés. L'ERE exige la pratique de la méthode inductive et rappelle ainsi que le rôle de l'enseignement et de l'éducation n'est pas tant d'apprendre à des étudiants un savoir encyclopédique, mais davantage de faire d'eux des acteurs de l'environnement en leur offrant les outils qui leur permettront de conceptualiser les savoirs et de devenir ainsi des autodidactes diplômés.

REFERENCES

- [1] Baldi, I., Cordier, S., Coumoul, X., Elbaz, A., Gamet-Payrastre, L., Lebailly, P., ... Van Maele-Fabry, G. (2013). Pesticides: Effets sur la santé (PhD Thesis). Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM).
- [2] Kiss, A. C., & Sicault, J.-D. (1972). La Conférence des Nations Unies sur l'environnement (Stockholm, 5/16 juin 1972). *Annuaire Français de Droit International*, 18(1), 603–628.
- [3] Godart, M.-F., Belayew, D., Soutmans, P., Tixhon, A., & Van Dam, D. (2008). Environnement et écologie. Education à La Citoyenneté et à l'environnement, (1).
- [4] Barry, J. (1976). The belgrade charter: A global framework for environmental education. *Connect. UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter*, 1, 1–9.
- [5] Sauvé, L. (1999). Environmental education between modernity and postmodernity: Searching for an integrating educational framework. *Canadian Journal of Environmental Education (CJEE)*, 4(1), 9–35.
- [6] Pignon, V. (2017). Former des citoyens actifs, conscients et critiques du monde de demain: Regards croisés sur les méthodes de l'ECMS et de l'ErE.
- [7] Brahmi, M., & Eloutassi, N. (2017). Durabilité territoriale à la lumière de l'agenda 21 local/Territorial sustainability in the light of local agenda 21. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19(2), 283.
- [8] Goffin, L. (1998). Pour une recherche en éducation relative à l'environnement «centrée sur l'objet partagé». *Éducation Relative à l'environnement: Regards—Recherches—Réflexions*, 1, 41–61.
- [9] Amicy, A.-S. (2016). L'éducation relative à l'environnement dans le programme des deux premiers cycles du niveau fondamental en Haïti. Analyse comparative des programmes de sciences expérimentales de France, Haïti et Ontario (Canada). Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01691744>
- [10] Hamouchi, A., Essafi, K., & El Hajjami, A. (2010). Intégration de l'éducation relative à l'environnement dans le système éducatif marocain Cas de l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre.
- [11] Brahim, H. B. (2002). L'Education relative à l'Environnement dans le système éducatif marocain. Travail de Fin d'Etudes Présenté Par En Vue de l'obtention Du Grade Académique de Diplômé d'Etudes Spécialisées En Gestion de l'Environnement, Maroc.

L'Innovation par les outils Industrie 4.0 : Analyse et Mesure de performance

[Innovation By Industry 4.0 : Analysis and performance review]

Mehdi EL HASNAOUI and Naima EL HAOUD

ISO (Ingénierie Scientifique des Organisations), Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Copyright © 2020 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: Companies in the digital age are facing multiple challenges to meet the need for growth and production becoming more and more specific and personalized [Caroll and Booth, 2015]. Currently, industrialization is marked by the transition to fourth industrial revolution, called Industry 4.0. This development offers enormous opportunities for both companies and consumers, with unique and original production processes and customer experiences. This article will introduce the concept of industry 4.0 based on recent developments in research and practice, then we will do a summary analysis of the perception of 4.0 among companies, and finally examine whether companies that focus on innovation by Industry 4.0 tools show better performance in terms of productivity, by building a quantitative model of analysis, through the use of survey data on global investments in technology information and the transition to industry 4.0 from 32 major multinational companies listed on the stock market. Our findings link innovation through the use of 4.0 tools and business performance.

KEYWORDS: Industry 4.0, Innovation, Performance, Productivity.

RÉSUMÉ: Les entreprises à l'ère du digitale, sont confrontées à une multitude de défis afin de répondre au besoin de croissance et de production devenant de plus en plus spécifique et personnalisé [Caroll and Booth, 2015]. Actuellement, l'industrialisation est marquée par le passage à la quatrième révolution industrielle, appelée Industrie 4.0. Ce développement offre d'énormes possibilités aussi bien pour les entreprises que pour les consommateurs, avec des procédés de production et des expériences clients uniques et originales. Cet article introduira le concept d'industrie 4.0 basé sur les développements récents en matière de recherche et de pratique, ensuite nous ferons une analyse sommaire de la perception du 4.0 chez les entreprises, et enfin examinerons si les entreprises qui mettent l'accent sur l'innovation par les outils de l'industrie 4.0 affichent des meilleures performances en terme de productivité, cela par la construction d'un modèle quantitatif d'analyse, à travers l'utilisation des données d'enquête sur les investissements globaux dans les technologies de l'information et le passage à l'industrie 4.0 de 32 grandes entreprises multinationales cotées en bourse. Nos résultats d'établir un lien entre l'innovation par l'utilisation des outils 4.0 et la performance de l'entreprise.

MOTS-CLEFS: Industrie 4.0, Innovation, Performance, Productivité.

1 INTRODUCTION

La conjoncture actuelle marquée par une mondialisation accrue de plus en plus complexe, mais surtout en constante mutation, a poussé les entreprises à innover d'avantage, à produire plus rapidement, de façon plus personnalisée et à moindre coûts, tout cela en opérant une optimisation des flux et des stocks afin de pouvoir rester compétitive. Dans ce contexte, la création de valeur industrielle dans les pays industrialisés est actuellement marquée par le passage au quatrième stade de l'industrialisation, connue sous le nom de l'Industrie 4.0. Cette évolution (ou révolution) faisant suite à la troisième révolution

industrielle amorcée au début des années 70, qui se basait principalement sur l'électronique et les technologies de l'information ce qui a permis de réaliser des niveaux très élevés d'automatisation de la fabrication [1] donnant comme résultat une production de masse, et des coûts de production en baisse.

Actuellement, l'évolution vers l'industrie 4.0 a eu une influence considérable sur l'industrie de manière générale. Ce concept reposant essentiellement sur la mise en place d'usines intelligentes, de produits intelligents et de services intelligents intégrés dans un Internet des objets et de services (Iot), basé sur l'investissement en infrastructures informatiques, également appelé Internet industriel [2], formant la base de toute évolution vers le 4.0. De plus, il est à noter que de nouveaux modèles commerciaux sont apparus causant une perturbation structurelle quant aux modèles classiques de création de valeurs au sein des structures industrielles évoluant vers les concepts 4.0 [3].

D'autre part, La théorie de l'information [4] et de traitement informatique des organisations [5] suggèrent qu'une information plus précise devrait faciliter une plus grande utilisation de l'information dans la prise de décision et de ce fait, un meilleur rendement des entreprises. Il y a de plus en plus de preuves que cette relation est bien vraie, au moins dans des situations spécifiques [6]; [7] Dans ce cadre, la donnée ou la Data, occupe désormais une place particulièrement centrale dans ces nouveaux modèles de production 4.0. En effet, les possibilités de collecte de données en dehors des systèmes opérationnels ont considérablement augmenté. Les smart phones, les véhicules, les systèmes d'automatisation d'usine et d'autres dispositifs sont couramment instrumentés pour générer des flux de données sur leurs activités, rendant ainsi possible un domaine émergent de « l'extraction de la réalité » [8]. Les fabricants et les détaillants utilisent des étiquettes RFID par exemple pour suivre les articles individuels tout au long de leur parcours dans la chaîne d'approvisionnement. Ils utilisent également les données fournies pour optimiser et réinventer leurs processus métier. De même, les recherches par mot-clé et les données par clic collectées sur les sites Web génèrent une multitude de données, rendant visibles le comportement du client et les interactions client-entreprise sans avoir à recourir à des groupes de discussion coûteux ou à des études du comportement du client [9]

Toutefois, la question de prise de décision dans l'ère 4.0 se trouve désormais au centre de tout le concept, car l'Intelligence Artificielle (IA) et la machine Learning, ont permis un passage d'un ère où les outils informatiques et technologiques étaient destinés principalement à l'aide à la prise de décision, à un autre où ce sont ces mêmes outils qui prennent des décisions, cela grâce au développement technologique des outils d'analyse et de traitements des données [10] Dans ce contexte, l'IA, la Machine Learning et le Deep Learning deviennent les précieux alliés des entreprises qui leur permettront de simuler, de prévoir et de prendre les bonnes décisions. Ils sont devenus essentiels pour les éditeurs d'ERP (Entreprise Resource Planning) et autres MES (Manufacturing Execution System), car cela constitue désormais de vrai accélérateur de performance pour les utilisateurs finaux. Par ailleurs, le développement d'ERP « communicants » a permis aux entreprises de disposer des moyens d'améliorer leur capacité de veille économique, de superviser leur ligne de production en temps réel, de réaliser de la maintenance préventive & prédictive depuis pratiquement n'importe où, constituant une des mailles les plus importantes de l'industrie 4.0, ou encore la gestion délocalisée, synchronisée et en temps réel des moyens de production [11]

L'objet de ce papier, est l'étude du lien existant entre l'infrastructure IT à la base des Outils de l'Industrie 4.0 pour l'innovation (matérialisé par la variable IOI40) et la performance des entreprises, ce qui permettra d'apprécier le potentiel économique relatif au passage à la quatrième révolution industrielle. Cette variable ayant été construite par la combinaison des mesures obtenues à partir d'une enquête auprès de 32 entreprises multinationales cotées en bourse avec des informations financières publiques et des données privées sur leurs investissements globaux dans les technologies de l'information et le passage à l'industrie 4.0. Ensuite nous ferons une analyse sommaire de la perception du 4.0 chez les entreprises, enfin nous effectuerons une analyse, à travers un modèle quantitatif, sur les relations existantes entre la variable construite IOI40 et la productivité de ces entreprises.

2 INDUSTRIE 4.0 : INNOVATION ET CHAÎNE DE VALEUR

L'industrie a connu dans l'histoire plusieurs stades de développement. La plus grande révolution industrielle a eu lieu au 18ème siècle et était liée à la transition de l'économie basée sur l'agriculture, la fabrication et la production artisanale vers la production mécanique dans les grandes usines. Le 19ème siècle était l'âge de la vapeur et de l'électricité, appelé la deuxième révolution industrielle. Les autres années de développement intense ont été la période qui a suivi la Seconde Guerre mondiale et qui se poursuit jusqu'à nos jours, avec un développement scientifique et technique majeur. Les éléments les plus importants de cette troisième révolution industrielle comprennent essentiellement l'informatisation, l'utilisation de nouvelles sources d'énergie, l'automatisation des processus de travail, ainsi que l'amélioration des moyens de télécommunication et de transport [12] D'ailleurs l'un des changements les plus marqués survenus dans les usines de l'après-guerre a été la mise en œuvre de la planification des besoins en matériaux (MRP) par l'équipe de Joseph Orlicky [13] mais aussi le Lean Manufacturing, initié par Taiichi Ohno et Eiji Toyoda dans des usines automobiles Toyota [14].

Concernant l'Industrie 4.0, la recherche a démontré qu'il y a en fait principalement trois business modèle type [15] Le premier étant une société entièrement automatisée, dans laquelle la rentabilité est la plus importante. Cette solution est appliquée aux produits de masse avec un nombre limité de groupes de produits. Le deuxième modèle est caractérisé par une personnalisation avancée de la production. Le fonctionnement de ces sociétés repose ainsi sur la satisfaction des besoins individuels des clients, la production étant réalisée en petits lots, alors que les produits sont hautement individualisés et livrés pour des commandes particulières, on trouve dans cette configuration une très grande variété de produits. Le troisième business model sont les e-usines, axées à la fois sur l'individualisation et les opérations à distance. En fait, ces entreprises opèrent à petite échelle et produisent des quantités limitées de produits. Elles sont orientées vers de faibles dépenses d'investissement afin de maintenir la compétitivité des coûts.

Cependant, Industrie 4.0 ne se réfère pas seulement aux changements au niveau des usines, mais également à la distribution et aux achats. General Electric insiste sur le rôle de l'intégration de machines et d'appareils physiques complexes avec des capteurs et des logiciels en réseau, utilisés pour prévoir, contrôler et planifier l'amélioration des résultats commerciaux et sociétaux [16]. D'ailleurs, l'industrie 4.0 peut être considérée pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et peut être définie comme la somme de toutes les innovations et les mises en œuvre dans une chaîne de valeur pour faire face aux tendances de numérisation, autonomisation, transparence, mobilité, modularisation, collaboration réseau et socialisation de produits et des processus [17]

L'Industrie 4.0 peut aussi désigner un terme collectif pour technologies et concepts de l'organisation de la chaîne de valeur [18], Or d'après des recherches documentaires menées, les plus importants se résume à : Systèmes Cyber-physiques (CPS), Internet des objets (IoT), Usines Intelligentes et Internet des Services [18] Cependant, Pour [17] l'Industrie 4.0 est quelque chose de plus, distinguant plus de 60 technologies liées à ce concept. Tous peuvent être divisés en quatre groupes [19]: (1) données et connexion, (2) analyse et intelligence artificielle, (3) interactions homme-machine [20] et (4) parc de machines automatisé.

D'autre part, il est important de souligner que l'une des technologies les plus rapides utilisées dans l'industrie 4.0 est l'IoT (Internet of Things). C'est en fait la capacité indirecte ou directe des objets à stocker, traiter, partager ou échanger des données à l'aide de connexions réseau [21] [22] L'avantage est que cette technologie n'est pas centrée sur l'usine, et son application est particulièrement visible dans la distribution, cela principalement dans le service à la clientèle et l'utilisation d'objets.

Les modèles commerciaux créés à l'aide de la technologie IoT sont complètement différents des modèles traditionnels. Ils démontrent une rupture avec les flux de valeur conventionnels orientés linéaires pour créer des valeurs au sein d'un réseau d'unités. Cela signifie que lors de la définition des modèles commerciaux, l'accent est mis sur l'ensemble de l'écosystème, y compris une chaîne d'approvisionnement, plutôt que sur une seule entreprise, afin que toutes les parties impliquées améliorent leurs processus dans le but de maximiser les avantages pour les clients finaux. [23]

D'autre part, il est à noter que les idées principales d'Industrie 4.0 ont été publiées pour la première fois par KAGERMANN en 2011 [24] et ont jeté les bases du manifeste d'Industrie 4.0 publié en 2013 par l'Académie nationale allemande des sciences et de l'ingénierie (acatech) [1]. Au niveau européen, le partenariat public-privé (PPP) pour les usines du futur (FoF) aborde et développe des thèmes liés à l'industrie 4.0 [25]. Le contenu d'Industrie 4.0 aux États-Unis est mis en avant quant à lui par l'Industrial Internet Consortium (ICC) [26].

Le paradigme de l'industrie 4.0 repose essentiellement sur trois dimensions [3, 27, 28]: (1) une intégration horizontale dans l'ensemble du réseau de création de valeur, (2) une ingénierie de bout en bout tout au long du cycle de vie du produit, ainsi que (3) l'intégration verticale des systèmes de fabrication en réseau.

L'intégration horizontale sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur décrit l'utilisation des outils numériques intelligents au sein de l'entreprise tout au long du cycle de vie d'un produit, mais aussi au sein du cycle de vie d'un même produit [27]. L'ingénierie de bout en bout quant à elle, décrit le suivi et la numérisation intelligentes tout au long du cycle de vie d'un produit : depuis l'acquisition de la matière première au système de fabrication, puis à l'utilisation du produit et finalement à la fin de vie du produit [27].

L'intégration verticale et les systèmes de fabrication en réseau décrivent la numérisation intelligente au sein des différents niveaux d'agrégation et de hiérarchie d'un module de création de valeur à partir de stations de fabrication via des cellules, des lignes et des usines de fabrication, en intégrant également les activités de chaîne de valeur associées telles que le marketing et la vente ou encore le développement technologique [27]. On trouve aussi que l'utilisation de l'outil numérique intelligent couvre l'application d'une solution de bout en bout utilisant les technologies de l'information et de la communication intégrées dans un Cloud.

Dans un système de fabrication, l'interaction intelligente est réalisée par l'application de ce qu'on appelle les systèmes Cyber-physiques (SCP), qui fonctionnent de manière auto-organisée et décentralisée [27, 28, 29]. Ils sont basés sur des composants mécatroniques intégrés, c'est-à-dire des systèmes de capteurs appliqués pour la collecte de données ainsi que des systèmes d'actionneurs permettant d'influencer les processus physiques [28]. Les SCP sont intelligemment liés les uns aux autres et échangent en permanence des données via des réseaux virtuels tels qu'un cloud en temps réel. Le cloud lui-même est implémenté dans l'internet des objets et des services [27]. Faisant partie d'un système sociotechnique, le SCP utilise en fait des interfaces homme-machine pour interagir avec les opérateurs [30].

3 ENVIRONNEMENT INDUSTRIE 4.0 : APPROCHES MACRO ET MICRO

La perspective macro de l'industrie 4.0, couvre en fait l'intégration horizontale ainsi que la dimension technique de bout en bout de l'industrie 4.0. Cette visualisation repose sur une vision liée au cycle de vie du produit en les plaçant au centre des réseaux de création de valeur de l'Industrie 4.0.

L'intégration horizontale du point de vue macro est caractérisée par un réseau de modules de création de valeur. Ces modules sont définis comme l'interaction entre différents facteurs de création de valeur, c'est-à-dire l'équipement, les ressources humaines, l'organisation, le processus et le produit [31]. Les modules de création de valeur, représentés dans leur plus haut niveau d'agrégation par des usines, sont réticulés tout au long de la chaîne de valeur complète du cycle de vie d'un produit, de même qu'on ce même type de modules dans des chaînes de valeur de cycles de vie de produits adjacents. Ce lien conduit à un réseau intelligent de modules de création de valeur couvrant les chaînes de valeur des différents cycles de vie des produits. Ce réseau intelligent crée un environnement propice aux nouveaux modèles commerciaux innovants et conduit donc actuellement à une refonte des stratégies commerciales dites classiques [31].

Quant à l'ingénierie de bout en bout dans cette même perspective macro, elle est plus considérée comme un croisement entre les parties prenantes, les produits et les équipements tout au long du cycle de vie du produit, en commençant par la phase d'acquisition de la matière première et en se terminant par la phase de fin de vie [32]. Les produits, les différentes parties prenantes (les clients, les travailleurs ou les fournisseurs, ...), ainsi que les équipements de fabrication sont intégrés dans un réseau virtuel et échangent des données durant les différentes phases du cycle de vie d'un produit. Ce cycle de vie comprend la phase d'acquisition de la matière première, la phase de fabrication - comprenant le développement du produit, l'ingénierie du système de fabrication associé et la fabrication du produit - la phase d'utilisation et de service, la phase de fin de vie - contenant la réutilisation, la re-fabrication, le recyclage, la récupération et l'élimination - ainsi que le transport entre toutes les phases [31].

Ces modules de création de valeur, c'est-à-dire les usines incorporées dans ce flux omniprésent de données intelligentes, évolueront pour devenir des usines dites intelligentes. Les usines intelligentes fabriquent des produits intelligents et sont alimentées en énergie par des réseaux intelligents [30]. Le flux de matières au cours du cycle de vie du produit et entre les cycles de vie adjacents sera réalisé par une logistique intelligente. Le flux de données intelligentes entre les différents éléments des réseaux de création de valeur d'Industrie 4.0 est échangé via le cloud [28].

Les données intelligentes naissent d'une structuration judicieuse des informations à partir de big data, qui peuvent ensuite être utilisées pour faire avancer les connaissances et prendre des décisions tout au long du cycle de vie du produit [32]. Les usines intelligentes utilisent des systèmes Cyber-physiques (SCP) intégrés pour la création de valeur. Cela permet au produit intelligent d'auto-organiser ses processus de fabrication requis et son flux dans toute l'usine de manière décentralisée en échangeant des données intelligentes avec la SCP [33].

Le produit intelligent contient les informations sur ses exigences pour les processus de fabrication et les équipements de fabrication. La logistique intelligente utilise le SCP pour prendre en charge le flux de matières au sein de l'usine et entre les usines, les clients et les autres parties prenantes [29]. Ils sont également contrôlés de manière décentralisée en fonction des exigences du produit, un réseau intelligent adapte ainsi de manière dynamique la production en partant des fournisseurs jusqu'aux consommateurs finaux.

La perspective micro de l'industrie 4.0, quant à elle, couvre principalement l'intégration horizontale ainsi que l'intégration verticale dans les usines intelligentes, mais elle fait également partie de la dimension d'ingénierie de bout en bout [29].

L'usine intelligente en tant que module de création de valeur au niveau d'agrégation le plus élevé contient différents modules de création de valeur aux niveaux d'agrégation inférieurs, tels que les lignes de fabrication, les cellules de fabrication ou les stations de fabrication. Le réseau intelligent ainsi que le système de gestion de l'usine intelligente devront être en mesure de répondre aux exigences dynamiques en matière d'approvisionnement et de production [34].

L'intégration horizontale de la perspective micro est caractérisée par les modules de création de valeur tout le long du flux de matériaux de l'usine intelligente intégrant également la logistique intelligente [29]. La logistique entrante et sortante depuis et vers les usines dans le cadre de la logistique intelligente sera caractérisée par un matériel de transport capable de réagir avec agilité aux événements imprévus tels qu'un changement de trafic ou de conditions météorologiques et pouvant fonctionner de manière autonome entre le point de départ et la destination finale. Des équipements de transport fonctionnant de manière autonome, tels que des véhicules à guidage automatique (VGA), seront utilisés pour réaliser le transport interne le long du flux de matières. Tous les équipements de transport échangent des données intelligentes avec les modules de création de valeur afin de réaliser une coordination décentralisée des fournitures et des produits avec les systèmes de transport [30]. À cette fin, les fournitures et produits contiennent des systèmes d'identification, par ex. Puces RFID ou codes QR. Cela permet une identification et une localisation sans fil de tous les matériaux de la chaîne de valeur.

L'intégration verticale et les systèmes de fabrication en réseau du point de vue micro décrivent l'articulation intelligente des facteurs de création de valeur : produit, équipement et ressources humaines, ainsi que les différents niveaux d'agrégation des modules de création de valeur depuis les stations de fabrication via des cellules et des lignes de fabrication jusqu'à l'usine intelligente [31]. Cette mise en réseau à travers les différents niveaux d'agrégation comprend également la liaison croisée des modules de création de valeur avec les différentes activités de la chaîne de valeur, par exemple : marketing et vente, service, achats, etc. [35].

Le module de création de valeur d'une fabrique correspond à un système Cyber-physique intégré (SCP). L'équipement de fabrication, par exemple Les machines-outils ou les outils d'assemblage utilisent des systèmes de capteurs pour identifier et localiser les facteurs de création de valeur, tels que les produits ou les êtres humains, ainsi que pour surveiller les processus de fabrication, par ex. les processus de découpe, d'assemblage ou de transport. En fonction des données intelligentes contrôlées, les actionneurs appliqués dans l'équipement de fabrication peuvent réagir en temps réel à des modifications spécifiques du produit, des processus ou des processus [28]. La communication et l'échange de données intelligentes entre les facteurs de création de valeur, entre le module de création de valeur et l'équipement de transport, ainsi qu'entre les différents niveaux d'agrégation et les différentes activités de la chaîne de valeur en cours d'exécution via le cloud.

4 MESURER L'IMPACT DE L'INNOVATION PAR LES OUTILS DE L'INDUSTRIE 4.0

4.1 PRODUCTIVITÉ

La littérature sur la mesure de performance de l'outil IT étant la base de l'innovation par les outils de l'industrie 4.0, utilise un certain nombre d'approches différentes afin de mesurer la contribution marginale de ces avancées technologiques par rapport aux autres intrants, cela en prenant en compte d'autres facteurs liés aux entreprises, par exemple au secteur ou au temps [36]. Notre objectif sera ainsi de déterminer la contribution marginale de l'IOI40 sur la performance des entreprises.

Cette variable IOI40 sera capturée par une variable d'indice (standardisée à la moyenne 0 et à la variance 1) qui rend compte de la position d'une certaine entreprise par rapport aux autres entreprises observées, et qui peut être intégrée directement à diverses régressions de mesure du rendement.

La mesure de la performance la plus couramment utilisée dans cette littérature est la productivité multifactorielle, calculée en rapportant une mesure de la production de l'entreprise telle que les ventes ou la valeur ajoutée, à des intrants de l'entreprise tels que le capital (K), le travail (L) ou encore le capital ou le travail en IT en particulier (IT) [37].

Différentes relations de production peuvent être modélisées avec différentes formes fonctionnelles, mais l'hypothèse de forme fonctionnelle la plus courante est la fonction de production de Cobb-Douglas, qui fournit une relation entre les intrants et les extrants, compatible avec la théorie de la production économique [38]. Le modèle est généralement estimé dans des données de panel au niveau de l'entreprise à l'aide de variables de contrôles tel que l'industrie et l'année, et les intrants sont généralement mesurés sur une échelle logarithmique. Les résidus de cette équation peuvent être interprétés comme la productivité de l'entreprise après comptabilisation des contributions de tous les intrants (parfois appelée « productivité multifactorielle » ou « résidu de Solow ») [38]. L'inclusion additive de facteurs supplémentaires dans cette équation peut alors être interprétée comme des facteurs « expliquant » la productivité multifactorielle et interprétée directement comme l'effet marginal du facteur sur la productivité de l'entreprise. Cela donne l'équation d'estimation suivante :

$$\text{Log (Sales)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Log (m)} + \beta_2 \text{Log (k)} + \beta_3 \text{Log (ITE)} + \beta_4 \text{Log (Non-ITE)} + \beta_4 \text{Log (IOI40)} + \text{control} + \varepsilon$$

Où m est le matériel, k le capital physique, ITE le nombre d'employés en informatique, $Non-ITE$ le nombre d'employés non informatiques et $IOI40$ est notre variable décisionnelle basée sur les données. Les contrôles incluent le secteur et l'année de démarrage de l'activité. Pour aider à exclure certaines explications alternatives de nos résultats, nous incluons également la tendance exploratoire de l'entreprise et son capital humain, tels que l'importance de la formation d'un employé typique et du salaire moyen de l'employé.

L'analyse est basée sur un panel de cinq ans (2014-2018) comprenant un seul échantillon de données $IOI40$ observées en 2019 (question portée sur les données de 2018) et dont les résultats seront appliqués à toutes les années de notre panel.

4.2 LA VARIABLE $IOI40$

La variable Innovation par les Outils Industrie 4.0 [$IOI40$] sera construite suite à la réponse au questionnaire à travers les éléments : (1) L'utilisation de l'analyse big data pour l'innovation et la création des produits, (2) L'utilisation de l'IA et du Machine Learning pour la prise de décision dans la société et (3) L'utilisation de l'IoT pour la connexion et la gestion des objets pour l'ensemble de la chaîne de valeurs.

Ensuite, Nous avons construit $IOI40$ en normalisant chaque facteur avec une moyenne de zéro et un écart type de 1(STD), puis en normalisant la somme de chaque facteur :

$IOI40 = \text{STD} (\text{STD} (\text{L'utilisation de l'analyse big data pour l'innovation et la création des produits}) + \text{STD} (\text{utilisation de l'IA et du Machine Learning pour la prise de décision dans la société}) + \text{STD} (\text{L'utilisation de l'IoT pour la connexion et la gestion des objets}))$

4.3 ENDOGÉNÉITÉ DE $IOI40$

Toutes les méthodes de performance ci-dessus doivent être interprétées comme des corrélations conditionnelles plutôt que comme des relations de cause à effet ou reposant sur l'hypothèse que $IOI40$ est exogène en ce qui concerne la performance de l'entreprise. Pour les besoins de la présente étude, bien que l'approche puisse limiter la pertinence de notre analyse, on trouve que plusieurs études ont suggéré que le biais sur au moins les investissements en IT en général du fait de l'endogénéité n'est pas grand [39]

La littérature sur l'innovation par des technologies de l'information étant à la base des outils 4.0 utilise généralement trois types d'approches pour traiter directement les problèmes d'endogénéité. Premièrement, les chercheurs peuvent faire valoir des arguments temporels en incluant des valeurs décalées par rapport à d'autres variables d'entrée [36]; [40] ou en examinant les différences de performances avant et après la mise en production d'un système plutôt que lorsque l'investissement est en place [37]; [41]

Deuxièmement, les méthodes économétriques qui reposent sur des instruments internes dans les données de panel (telles que les estimateurs d'Arellano et Bond, ou de Levinsohn et Petrin) peuvent être utilisées pour contrôler l'endogénéité en supposant que les variations des niveaux d'investissement antérieurs ne sont pas corrélées aux performances actuelles. Cependant, ces deux approches reposent sur une variation temporelle significative des variables d'intérêt et ne peuvent pas être facilement appliquées à notre contexte car nous avons une seule observation transversale de $IOI40$. Cependant, nous sommes en mesure de suivre les approches plus traditionnelles des variables instrumentales, dans lesquelles les chercheurs spécifient un ensemble de facteurs (instruments) qui déterminent la demande de facteur endogène mais ne sont pas corrélés avec la composante de performance non observée.

Dans des travaux antérieurs, les chercheurs ont utilisé des mesures de la composition des IT (niveau de la digitalisation de l'entreprise) et de l'ancienneté globale du dit capital au sein d'une organisation [42], en supposant que ces facteurs déterminent la capacité d'adaptation d'une entreprise, et que leur infrastructure digitale suit l'évolution de ses besoins. Ces travaux [39] tentent de mesurer plus directement les coûts d'ajustement ou l'inertie organisationnelle liés aux infrastructures digitale [[43]; [44]] cela en développant une échelle prenant en compte les facteurs inhibant les investissements IT tels que le support de la direction ou la culture organisationnelle, et ont utilisé cette échelle comme un instrument supplémentaire.

À ces instruments existants, nous pouvons ajouter des instruments supplémentaires qui peuvent être particulièrement utiles pour expliquer la variation transversale de l' $IOI40$. Des travaux antérieurs ont spécifiquement lié l'expérience de l'organisation, opérationnalisée à l'âge de l'entreprise, à l'inertie de l'organisation [45]; [46]; [47]; [48]; [49]. Selon cet argument, les entreprises les plus jeunes sont plus susceptibles d'adopter de nouvelles innovations telles que l'analyse commerciale ou d'autres technologies sous-jacentes à la $IOI40$, ce qui conduit à une corrélation négative entre $IOI40$ et l'âge de la société (ce qui est observé dans nos données).

Pour réduire la possibilité que notre instrument soit invalidé par une corrélation entre la productivité induite par l'innovation et l'âge de l'entreprise [50] nous incluons des contrôles de l'activité d'innovation lorsque cet instrument est utilisé. Il est également possible que IOI40 ait une corrélation avec la productivité due à l'apprentissage sur le tas [51]; [52]; [53]; [54] Toutefois, cela produirait une corrélation positive entre l'âge et la productivité des entreprises. Ainsi, tout biais résultant de l'utilisation de cet instrument réduirait probablement l'effet observé de l'IOI40, rendant les résultats plus conservateurs.

Un autre facteur de demande potentiel pour IOI40 est le degré de cohérence des pratiques commerciales. Les entreprises sont notamment en mesure de tirer profit de la valeur des innovations liées aux technologies de l'information et aux outils 4.0 [55] car elles peuvent répliquer les bonnes pratiques dans l'ensemble de l'entreprise. Ceci est motivé par l'observation selon laquelle les informations [56] ou les informations spécifiques sur les pratiques innovantes [57] ne sont pas rivales et sont donc plus utiles à une échelle plus importante. Ainsi, les entreprises qui ont démontré leur capacité à déployer des pratiques commerciales communes dans un grand nombre d'unités d'organisation sont probablement des utilisateurs plus efficaces de IOI40, et donc plus susceptibles d'avoir investi dans le développement de capacités IOI40 que des entreprises aux pratiques commerciales disparates.

Ainsi, notre ensemble d'instruments peut comprendre des concepts utilisés dans la littérature antérieure, tel que les obstacles à l'adoption de l'innovation par les technologies de l'information [38] ainsi que de nouvelles mesures de l'âge de l'entreprise et de la cohérence des pratiques commerciales. D'ailleurs, ces concepts passent les tests de validité des instruments empiriques normaux [38] démontrant ainsi que les relations d'observation entre IOI40 et la performance sont robustes face aux préoccupations concernant la causalité inverse.

5 RÉSULTATS ET ANALYSES

5.1 ANALYSE PRÉLIMINAIRE

5.1.1 PROCÉDURE DE L'ENQUÊTE AUPRÈS DES ENTREPRISES

L'enquête auprès des entreprises (sélectionné selon le classement Gartner) a été réalisée entre septembre et octobre 2019. Les enquêtes ont été menées sous forme de 32 enquêtes en ligne sur Internet. Parmi les entreprises sélectionnées figuraient à la fois des fournisseurs Industrie 4.0 et des utilisateurs d'Industrie 4.0. L'enquête en ligne visait à examiner et à illustrer une base d'estimations et d'opinions sur le sujet d'Industrie 4.0. Cette étude est particulièrement utile dans la mesure où elle combine une analyse quantitative et des opinions sur la thématique issue du sondage sur la thématique particulière de la performance.

Concernant l'enquête, elle était en fait divisée en quatre blocs comportant chacun de quatre à onze questions détaillées, on citera notamment :

AUTO-ÉVALUATION ET TECHNOLOGIES:

Comment évaluez-vous l'importance d'Industrie 4.0 pour votre entreprise aujourd'hui et à l'avenir ?

Comment votre entreprise utilise-t-elle déjà l'infrastructure technique Industrie 4.0?

INDUSTRIE 4.0 COMME DÉFI, OPPORTUNITÉ ET RISQUE:

Dans quels domaines voyez-vous des défis, des opportunités et des risques dans votre entreprise ?

Pour quels sujets souhaitez-vous un support technique externe ?

Exigences relatives aux compétences du personnel et aux infrastructures :

DE QUELLES COMPÉTENCES VOS EMPLOYÉS ONT-ILS BESOIN DANS LES DOMAINES OPÉRATIONNEL ET ADMINISTRATIF?

Dans quelle mesure êtes-vous satisfait des connaissances de vos stagiaires et diplômés par rapport à Industrie 4.0?

Quel est l'impact financier de l'investissement Industrie 4.0 sur votre budget IT ?

INNOVATION OUTIL INDUSTRIE 4.0 :

Dans quelle mesure est-ce que l'utilisation de l'analyse big data pour l'innovation et la création des produits a-t-elle impacté vos anciens processus ?

De quelle manière est-ce que l'utilisation de l'IA et du Machine Learning a-t-elle impacté la prise de décision dans la société ?

Comment est-ce que L'utilisation de l'IoT (Internet des objets) pour la connexion et la gestion des objets a-t-elle modifié votre chaîne de création de valeur ?

Le sondage en ligne a été mené avec la plupart des questions sous forme de sélection à choix multiple. Les participants ont reçu plusieurs réponses pré-formulées parmi lesquelles il fallait choisir, pour chaque question.

5.1.2 APERÇU DES PARTICIPANTS

Les 32 participants au sondage en ligne ont été divisés en 5 secteurs différents. Les industries comptant le plus grand nombre de participants étaient "les entreprises technologiques" et "les industries" (voir la figure 1). En termes de taille, les petites et moyennes entreprises (PME), ainsi que les grandes entreprises, étaient représentées. Parmi les répondants, se trouvaient des professionnels et des cadres supérieurs.

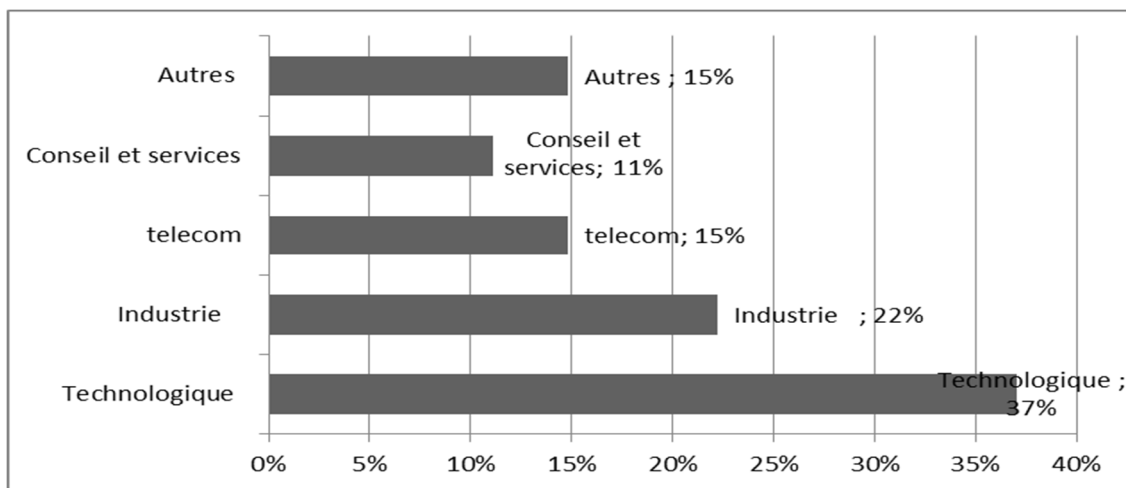


Fig. 1. Répartition de l'échantillon

5.1.3 LA MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE ET LE DÉFI COMPLEXE DE L'INDUSTRIE 4.0

À l'heure actuelle, une entreprise sur quatre traite déjà la question de l'Industrie 4.0 lors de décisions stratégiques. Cependant, cela reste extensible avec presque autant d'entreprises. Cela vaut en particulier pour la mise en œuvre opérationnelle, car une partie des participants à l'étude n'avaient pas d'idée précise de la façon dont Industrie 4.0 pourrait être mise en œuvre de manière concrète au sein de la société.

La présente étude a révélé que les coûts découlant des défis d'Industrie 4.0 sont considérés comme plus complexes à l'avenir qu'aujourd'hui (voir la figure 2). Les entreprises interrogées ont confirmé pour Industrie 4.0 un large éventail de technologies possibles, qui se distinguent par une grande diversité de fonctionnalités et de solutions possibles en raison de la diversité des fournisseurs. Une dynamique élevée de la vitesse de développement est ajoutée. Pour les entreprises interrogées, il est difficile de garder une vue d'ensemble complète, ce qui conduit à moins de transparence.

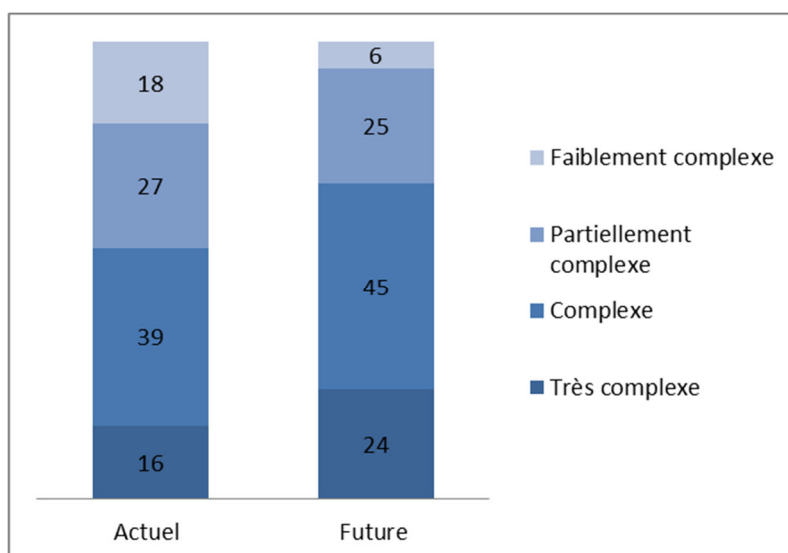


Fig. 2. Revue des nouveaux défis de l'industrie 4.0 pour l'entreprise

5.1.4 LE FORT POTENTIEL DU CLOUD COMPUTING ET DU BIG DATA

Les nouvelles technologies de l'Industrie 4.0 suscitent chez les entreprises un vif intérêt. En effet, on trouve que l'attention porte principalement sur le cloud Computing, l'Internet des objets (IoT) et ses applications, mais aussi et surtout le Big Data. Le potentiel du cloud et du Big Data commence à être institutionnalisé dans les échanges bilatéraux entre les entreprises, car de nombreuses sociétés de divers secteurs peuvent tirer parti du cloud Computing, des applications du Big Data et des données en temps réel. Outre l'industrie manufacturière, cela comprend principalement les industries du commerce, de la logistique et du logiciel. D'où l'intérêt pour le cloud Computing qui est très large. Ici aussi, on peut supposer un potentiel élevé quant aux avantages de ces technologies.

5.1.5 DÉFIS DE L'INDUSTRIE 4.0

Dans le questionnaire, les défis, les risques et les opportunités de l'Industrie 4.0 avaient une signification centrale. Car le constat est que les défis d'Industrie 4.0 sont difficiles à appréhender par les entreprises. Cependant, ces défis ont une forte influence sur l'utilisation future possible de l'Industrie 4.0 [58]. On trouve ainsi que les entreprises voient que les défis de l'Industrie 4.0 s'inscrivent dans le même ordre de difficulté que ceux connus dans l'approche dite classique. Neuf défis au total sont considérés comme pertinents [58], à noter que ces défis ont de fortes interactions mutuelles (voir figure 3).

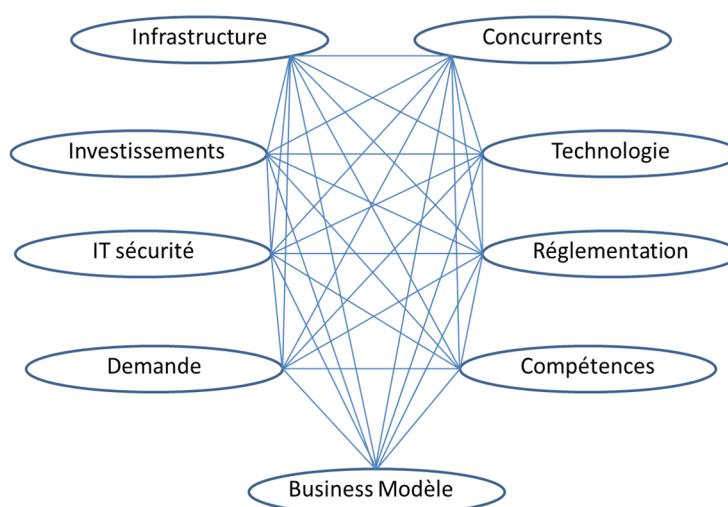


Fig. 3. Challenges de l'industrie 4.0

5.1.6 OPPORTUNITÉ ET RISQUES DE L'INDUSTRIE 4.0

La distinction entre fournisseurs et utilisateurs est particulièrement intéressante dans les déclarations des participants concernant les opportunités offertes par Industrie 4.0. Les utilisateurs voient les objectifs de production classiques, avec une augmentation de l'efficacité, de l'efficience et de la flexibilité comme le potentiel le plus important. Pour les fournisseurs, le potentiel le plus important réside dans le développement de nouveaux modèles commerciaux.

En plus de la complexité interne croissante, la plupart des entreprises voient dans Industrie 4.0 un gros risque lié à la hausse des coûts d'investissement, elles ne voient pas en outre le risque majeur est que leurs produits et services actuels deviennent obsolètes suite au passage à l'Industrie 4.0.

Les entreprises interrogées voient également des risques si le contrôle de la production d'Industrie 4.0 pouvait être temporairement perdu. Surtout pour les systèmes complexes, le risque d'accident est très élevé. Quelques entreprises sondées ont en effet souligné qu'au pire, ce n'est pas un seul produit qui sera impacté, mais bien des milliers de produits défectueux seront fabriqués. D'autres perçoivent un risque majeur dû au niveau de stress croissant pour les employés, résultant d'un environnement de travail de haute technologie. Cependant, pour l'ensemble des entreprises sondées, c'est plutôt une sécurité informatique insuffisante qui est identifiée comme la plus grande source de danger et est donc considérée comme le risque le plus important.

5.2 RÉSULTATS

5.2.1 PRODUCTIVITÉ

Les résultats descriptifs de nos variables sont présentés dans les tableaux 1. Les différentes mesures ayant été saisies sur des échelles de Likert à 5 points avec une moyenne de l'ordre de 3-4 et un écart type d'environ 1. Lorsqu'elles sont formées en échelles, les variables de contrôle pour le secteur et l'année de démarrage de l'activité semblent être assez cohérentes en interne, ce qui correspond au coefficient alpha de Cronbach de 0,69 et 0,77 respectivement. La mesure IOI40 montre un alpha de Cronbach de 0,58, ce qui est cohérent avec le fait que les entreprises peuvent poursuivre certains aspects de l'IOI40 (comme l'utilisation de données pour développer de nouveaux produits) indépendamment des autres. La distribution de la IOI40 est quelque peu positive ; le mode dans l'histogramme de IOI40 est supérieur à sa moyenne (voir Figure 4).

Tableau 1. Descriptif statistique des variables

<i>Variable</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>
Log(Sales)	7.76	0.90
Log(m)	7.18	1.02
Log(K)	6.26	1.64
Log(Non -ITE)	8.70	1.05
Log(ITE)	5.15	1.22

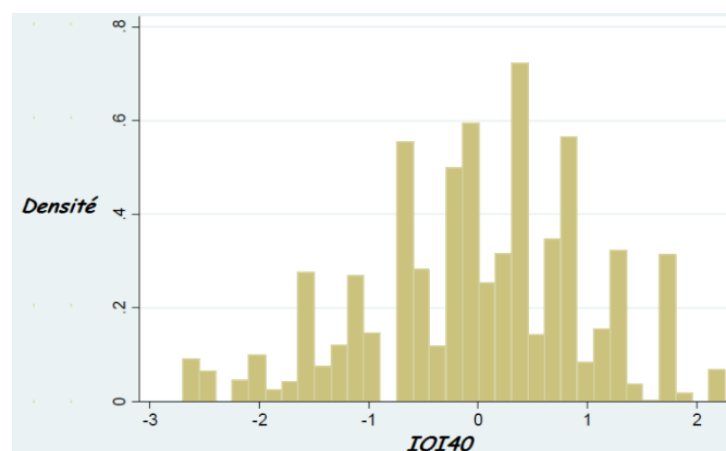


Fig. 4. Distribution de IOI40

Concernant la corrélation conditionnelle entre les éléments constituant de notre variable construite IOI40 et les deux principales mesures en matière d'industrie 4.0. On retrouve alors une corrélation de 0,145 entre le personnel informatique (ITE) et IOI40, et de 0,110 entre l'Investissement IT et IOI40 (voir tableau 2).

Tableau 2. Corrélation entre IOI40 et IT (employé et Investissement)

	ITE	IT invest
IOI40 (Moyenne des trois variables suivantes)	0,145 (p<0,05)	0,130 (p<0,1)
(1) L'utilisation de l'analyse big data pour l'innovation et la création des produits	0,13 (p<0,1)	0,086 (p<0,01)
(2) L'utilisation de l'IA et du Machine Learning pour la prise de décision dans la société	0,10 (p<0,1)	0,17 (p<0,05)
(3) L'utilisation de l'IoT pour la connexion et la gestion des objets pour l'ensemble de la chaîne de valeurs	0,11 (p<0,01)	0,05 (p<0,01)

On constate alors une faible corrélation entre l'IOI40 et les principales mesures en matière d'infrastructure technologiques à savoir les employés et le budget d'investissement, on peut en déduire sommairement que la corrélation entre IOI40 et l'IT était forte, il serait impossible de distinguer les effets de performance des deux variables.

Les principaux résultats concernant la relation entre IOI40 et la productivité sont issus d'une régression multiple groupée (voir tableau 3). Les erreurs sont regroupées par entreprise afin de fournir des estimations cohérentes de l'erreur standard des mêmes entreprises dans le temps :

La première colonne (1) présente une estimation de base de la contribution des outils 4.0 à la productivité au cours de notre panel de 2014 à 2018. L'estimation du coefficient de mesure de l'IT (nombre d'employés en IT) est d'environ 0,056 (t = 2,8, p < 0,01), ce qui est globalement cohérent avec les résultats d'études précédentes [39].

Dans la colonne (2), nous avons inclus notre variable construite IOI40, et l'estimation du coefficient sur IOI40 est de 0,046 (E. Std. = 0,02, p < 0,01), tandis que l'estimation du coefficient sur IT reste la même. Ceci suggère que les entreprises avec un écart type supérieur, sur notre mesure IOI40, sont en moyenne 4,6% plus productives que leurs concurrents. Il est à souligner notamment, que ce résultat est obtenu après contrôle de l'utilisation des IT. C'est-à-dire que la variation supplémentaire de productivité peut être expliquée par la variation de IOI40 pour les entreprises ayant la même utilisation des IT.

D'autre part, et afin de vérifier la robustesse de notre hypothèse selon laquelle les effets de la IOI40 n'ont pas varié au cours de la période d'étude (2014-2018), nous avons subdivisé notre échantillon en périodes plus courtes et avons répété notre principale analyse de productivité. Nous constatons que lorsque l'échantillon est limité aux périodes entourant notre enquête (2017-2018), les résultats sont similaires à ceux de l'échantillon complet (voir le tableau 3), ce qui suggère que nous n'avons pas biaisé nos résultats en étendant les données aux périodes précédentes. De plus, le test de Chow nous a permis de confirmer ce constat, car il n'a révélé aucune variation significative du coefficient de IOI40 entre les sous-périodes. Cela suggère alors que nos résultats ne sont pas biaisés par l'extension du panel dans la dimension temporelle.

Tableau 3. Régression Multiple entre IOI40 et les mesures de la productivité

DV=Log(Sales)	(1) 2014-2018	(2) 2014-2018	(3) 2017-2018
IOI40		0,046 (p<0,01 ; 0,02*)	0,043 (p<0,01 ; 0,02*)
Log(m)	0,54 (p<0,01 ; 0,04*)	0,53 (p<0,01 ; 0,04*)	0,51 (p<0,01 ; 0,04*)
Log(k)	0,095 (p<0,01 ; 0,02*)	0,096 (p<0,01 ; 0,02*)	0,01 (p<0,01 ; 0,03*)
Log(ITE)	0,056 (p<0,01 ; 0,02*)	0,057 (p<0,01 ; 0,02*)	0,12 (p<0,01 ; 0,03*)
Log(Non-ITE)	0,25 (p<0,01 ; 0,03*)	0,25 (p<0,01 ; 0,03*)	0,24 (p<0,01 ; 0,04*)
Constante	-1,48 (p<0,01 ; 0,40*)	-1,44 (p<0,01 ; 0,37*)	-1,10 (p<0,01 ; 0,46*)
R ²	0,94	0,94	0,94
Var. Contrôle	le secteur, l'année de démarrage de l'activité		

(* : L'erreur standard)

Globalement, ces tests suggèrent que les entreprises dont l'écart-type est supérieur à la moyenne, sur notre échelle IOI40, ont obtenu une augmentation de productivité de 5 à 6% par rapport à l'entreprise moyenne. Cela dit, et bien que notre

interprétation des résultats de la régression nous pousse à dire que IOI40 entraîne réellement une performance supérieure, il existe au moins deux problèmes d'endogénéité plausibles qui pourraient conduire à un biais, certes relativement faible, mais positif pour cette estimation. Premièrement, il est possible que les entreprises très performantes disposent de ressources inutilisées leur permettant d'investir dans un certain nombre d'activités innovantes, y compris l'IOI40, ce qui conduirait à une relation de cause à effet inversée entre la performance et l'IOI40. Deuxièmement, certaines variables peuvent être omises, telles que la qualité de la gestion ou un plus grand capital humain spécifique à une entreprise, qui pourraient être associées à la fois à de meilleures performances et à l'utilisation de l'IOI40, pouvant ainsi créer ainsi un biais positif.

6 CONCLUSION

La littérature scientifique et la théorie économique suggèrent un lien potentiel entre l'innovation par les outils de l'industrie 4.0, car basé sur l'utilisation de l'outil IT, et la productivité. En fait, suite à l'analyse de notre échantillon constitué de 32 entreprises, nous avons constaté que l'IOI40 est en effet associé à une meilleure productivité. Nos résultats sont cohérents avec les différentes mesures de notre variable clé, ainsi que par des changements dans la période du panel. Dans l'ensemble, cela suggèrent que les capacités de l'IOI40 peuvent être modélisées comme des actifs incorporels, et qui peuvent donc être valorisés par les investisseurs pour leurs impact positif sur la production.

D'autre part et suite à notre enquête sur l'utilisation des technologies de l'Industrie 4.0, il nous est clairement apparu qu'il n'existait pas de solution Industrie 4.0 généralement acceptée pour toutes les entreprises [28]. Cela suppose notamment que l'entreprise doit définir ses propres objectifs pour Industrie 4.0. De plus, les entreprises liées à Industrie 4.0 indiquent que de nombreuses solutions d'Industrie 4.0 existent déjà dans d'autres domaines d'application et que seule l'adaptation de ces solutions peut être mise en œuvre.

Enfin, notre étude suggère un apport positif significatif de l'innovation par l'utilisation des outils de l'industrie 4.0 chez les entreprises ayant franchis le cap en y investissant dans les technologies IT, mais aussi et surtout dans la qualification du personnel. La question se pose donc pour les entreprises n'ayant pas encore démarré le processus de passage à l'industrie 4.0, car de par l'absence d'approche unique reconnue, seule une veille technologique efficace permettrait la réussite de la mise en œuvre d'applications Industrie 4.0, qui demeure toutefois complexes dans les entreprises. Car le potentiel d'Industrie 4.0 ne peut être exploité que par une collaboration interdisciplinaire au-delà des frontières de l'entreprise.

RÉFÉRENCES

- [1] Acatech: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. acatech, (2013).
- [2] Kagermann, H.; Lukas, W.; Wahlster, W: Abschotten ist keine Alternative. In: VDI Nachrichten, Issue 16, (2015).
- [3] Plattform Industrie 4.0: Industrie 4.0 Whitepaper FuE-Themen. Plattform Industrie 4.0, April 2015, (2015).
- [4] Blackwell, D. 1953. "Equivalent Comparison of Experiments," *Ann. Math. Statist.* (24), pp. 265-272.
- [5] Galbraith, J.R. 1974. "Organization Design: An Information Processing View," *Interfaces* (4:3), pp. 28-36.
- [6] Davenport, T.H., and Harris, J.G. 2007. *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. Harvard Business Press.
- [7] Ayres, I. 2008, *Super Crunchers: Why Thinking-by-Numbers Is the New Way to Be Smart*. Bantam
- [8] Pentland, A., and Pentland, S. 2008. *Honest Signals: How They Shape Our World*. The MIT Press.
- [9] BATKO and Kreft, 2017. Roman Batko, Jan Kreft, "The Sixth Estate – The Rule of Algorithms", *Problemy Zarzdzania*, vol. 15, nr 2 (68), cz. 2: 190 – 209
- [10] IBM. 2011. "The 2011 IBM Tech Trends Report: The Clouds are Rolling In... Is Your Business Ready?," November 15 (<http://www.ibm.com/developerworks/techntrendsreport>; accessed August 4, 2012)
- [11] Constantiou and Kallinikos 2015,. Constantiou ID, Kallinikos J (2015) New games, new rules: big data and the changing context of strategy. *J Inf Technol* 30(1):44–57
- [12] FREEMAN CH., LOUÇĂ F., 2001, *As Time Goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford University Press, NY USA,
- [13] BAYRAKTAR E., JOTHISHANKAR M.C., TATOGLU E., WU T., 2007, *Evolution of operations management: past, present and future*. *Management Research News*
- [14] HADYŚ Ł., STACHOWIAK A., CYPLIK P., 2014, *Production-Logistic System In The Aspect of Strategies for Production Planning and Control and for Logistic Customer Service*, *LogForum*
- [15] MCKINSEY & COMPANY 2015, *Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector*.
- [16] DRATH, R., HORCH, A., 2014, *Industrie 4.0: Hit or hype?* [industry forum]. *industrial electronics magazine*

- [17] PFOHL H.CH., YAHSI B., KURNAZ T., 2015 The impact of Industry 4.0 on the supply chain, Proceedins of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)
- [18] HERMANN M., PENTEK T., OTTO, B., 2016 Design principles for industrie 4.0 scenarios. In System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference
- [19] Lee et al.,2011 LEE, J., LAPIRA, E., BAGHERI, B. & KAO, H.-A. (2013) "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment". Manufacturing Letters, Vol 1, 38-41.
- [20] CHEN, M., WAN, J., LI, F., 2012, Machine-to- Machine Communications: Architectures, Standards and Applications. KSII Transactions on Internet and Information Systems
- [21] SHIMIZU, K., HITT, M.A., 2004, Strategic flexibility: Organizational preparedness to reverse ineffective strategic decisions, Academy of Management Executive.
- [22] YU X., NGUYEN B., CHEN Y., 2016, Internet of things capability and alliance: entrepreneurial orientation, market orientation and product and process innovation, Internet Research
- [23] ATZORI, L., IERA, A., MORABITO, G., 2010 The internet of things: A survey. Computer networks.
- [24] Kagermann, H.; Lukas, W.; Wahlster, W.: Industrie 4.0 - Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. In: VDI Nachrichten, Issue 13, (2011).
- [25] European Commission: Factories of the Future.
http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-thefuture-en.html. Viewed 24 May 2015, (2015).
- [26] Industrial Internet Consortium: Manufacturing.
<http://www.iiconsortium.org/vertical-markets/manufacturing.htm>. Viewed 24 May 2015, (2015).
- [27] Acatech: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. acatech, (2015).
- [28] Gausemeier, J.; Czaja, A.; Dülme, C.: Innovationspotentiale auf dem Weg zu Industrie 4.0. In: Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme 2015, Heinz Nixdorf Institut, (2015).
- [29] Spath, D.; (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer IAO, Fraunhofer Verlag, (2013)
- [30] Hirsch-Kreinsen, H.; Weyer J.. "Wandel von Produktionsarbeit –„Industrie 4.0 “. " Soziologisches Arbeitspapier 38, TU Dortmund, (2014).
- [31] Seliger, G.: Nachhaltige industrielle Wertschöpfungsnetze, Tagungsband 12. Produktionstechnisches Kolloquium PTK 2007, (2007).
- [32] Smart Data Innovation Lab: Förderung der Smart Data Spitzenforschung.
<http://www.sdil.de/de/>. Viewed 24 May 2015, (2015).
- [33] Kletti, J.: Zukunftskonzept MES 4.0 Dezentrale Regelkreise synchronisieren. In: IT & Production, Issue 04/2015, (2015).
- [34] Roland Berger: Industry 4.0 - The new industrial revolution – How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants, (2014).
- [35] Porter, M. E.: Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York: Free Pass, (2015).
- [36] Brynjolfsson, E., and Hitt, L.M. 1996. "Paradox Lost? Firm-Level Evidence of High Returns to the Information Systems Spending," Management Science (42:4).
- [37] Aral, S., Brynjolfsson, E., and Wu, D. 2006. "Which Came First, It or Productivity? The Virtuous Cyclen of Investment and Use in Enterprise Systems," International Conference on Information Systems, pp. 1-22.
- [38] Brynjolfsson, E., Tambe, P., and Hitt, L. 2011. "The Extroverted Firm: How External Information Practices Affect Productivity," Management Science (Forthcoming).
- [39] Tambe, P., and Hitt, L.M. 2011. "The Productivity of Information Technology Investments: New Evidence from It Labor Data," SSRN eLibrary).
- [40] Dewan, S., and Kraemer, K.L. 2000. "Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data," Management Science), pp. 548-562.
- [41] Hitt, L.M., and Frei, F.X. 2002. "Do Better Customers Utilize Electronic Distribution Channels? The Case of Pc Banking," Management Science), pp. 732-748.
- [42] Brynjolfsson, E., and Hitt, L.M. 2003. "Computing Productivity: Firm-Level Evidence," Review of economics and statistics (85:4), pp. 793-808.
- [43] Hannan, M., and Freeman, J. 1984. "Structural Inertia and Organizational Change," American sociological review (49:2), pp. 149-164.
- [44] Nelson, R.R., and Winter, S.G. 1982. An Evolutionary Theory of Economic Change. Belknap press.
- [45] Henderson, R.M., and Clark, K.B. 1990. "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," Administrative Science Quarterly (35:1), pp. 9-30.
- [46] Henderson, R. 1993. "Underinvestment and Incompetence as Responses to Radical Innovation: Evidence from the Photolithographic Alignment Equipment Industry," The RAND Journal of Economics (24:2), pp. 248-270.

- [47] Bresnahan, T., Greenstein, S., and Henderson, R. 2009. "Schumpeterian Competition and Diseconomies of Scope: Illustrations from Leading Historical Firms in Computing."
- [48] Balasubramanian, N., and Lee, J. 2008. "Firm Age and Innovation," *Industrial and Corporate Change* (17:5), p.1019
- [49] Tushman, M.L., and Anderson, P. 1986. "Technological Discontinuities and Organizational Environments," *Administrative Science Quarterly* (31:3), pp. 439-465.
- [50] Huergo, E., and Jaumandreu, J. 2004. "Firms' Age, Process Innovation and Productivity Growth," *International Journal of Industrial Organization* (22:4), pp. 541-559.
- [51] Cohen, W.M., and Levinthal, D.A. 1989. "Innovation and Learning: The Two Faces of R & D," *The Economic Journal* (99:397), pp. 569-596.
- [52] Argote, L., McEvily, B., and Reagans, R. 2003. "Managing Knowledge in Organizations: An Integrative Framework and Review of Emerging Themes," *Management Science* (49:4), pp. 571-582.
- [53] Levitt, B., and March, J.G. 1988. "Organizational Learning," *Annual Review of Sociology* (14), pp. 319-340.
- [54] Nass, C. 1994. "Knowledge or Skills: Which Do Administrators Learn from Experience?," *Organization Science* (5:1), pp. 38-50
- [55] McAfee, A., and Brynjolfsson, E. 2008. "Investing in the It That Makes a Competitive Difference," *Harvard Business Review* (86:7/8), p. 98.
- [56] Shapiro, C., and Varian, H.R. 1999. *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business Press.
- [57] Jones, C.I. 1999. "Growth: With or without Scale Effects?," *The American Economic Review* (89:2), pp.139-144.
- [58] Jäger J et al. *Industrie 4.0 - Opportunities and prospects for companies in the metropolitan region Rhine-Neckar*, Chambers of Commerce Rhein-Neckar, Pfalz, Darmstadt 2015.
- [59] Carroll, C., & Booth, A. (2015). Quality assessment of qualitative evidence for systematic review and synthesis: Is it meaningful, and if so, how should it be performed? *Research Synthesis Methods*, 6(2), 149-154.

Etude morphologique et granulométrique des Stone-Lines de la ville de Butembo (Nord-Kivu / RD Congo)

[Morphological and granulometric study of Stone-Lines of the city of Butembo (Nord-Kivu / DR Congo)]

Kakule Vindusivoyo Florent

Assistant à l'Institut Supérieur Pédagogique d'Oicha, Beni, Nord-Kivu, RD Congo

Copyright © 2020 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 soil profiles of the City of Butembo show « stone-lines » in the open air and over large areas. The study of these « stone-lines » poses a problem of genesis given the often questionable interpretation of the particle size, mechanical and technical analyzes intended to prove the autochthony and the allochthony of the constituent materials.

Allochthony at close range is easily confused with autochthony with local reworking.

For a good study of the stone lines of the City of Butembo, we used macroscopic and particle size analyzes to assess the shape and size of the materials. The data collected are represented in the form of plates (figures) and graphs for better analysis.

The documentary technique has been restricted to works that fit the research theme.

As results, the stone lines of the City of Butembo are based on level II of the altered source rock. These « stone-lines » are heterometric with a predominance of pebbles and pebbles (28%), gravels (23%) and coarse sands (10%). Fine materials account for a total of 31%, synonymous with very intense erosion.

Some « stone-lines » are located between the A (black or bluish) and B (yellow or red) horizons. These stone-lines are mixed or holometric, and their thickness is reduced (less than 3m), but also their materials are joined or not. Only one « stone line » is double on steep slopes and all the « stone-lines » have undulations.

KEYWORDS: Morphological and granulometric study, Stone-Lines, autochtonie, allochtonie.

RESUME: Les profils pédologiques de la Ville de Butembo font apparaître des « stone-lines » en plein air et sur des vastes étendus. L'étude de ces « stone-lines » pose un problème de genèse étant donné l'interprétation souvent contestable des analyses granulométriques, mécaniques et techniques destinées à prouver l'autochtonie et l'allochtonie des matériaux constitutifs.

L'allochtonie à peu de distance se confond facilement à l'autochtonie avec remaniement sur place.

Pour une bonne étude des « stone-lines » de la Ville de Butembo, nous avons recouru à des analyses macroscopiques et granulométriques pour apprécier la forme et la taille des matériaux. Les données recueillies sont représentées sous formes des planches (figures) et des graphiques pour une meilleure analyse.

La technique documentaire a été restreinte à des ouvrages cadrant avec le thème de recherche.

Comme résultats, les « stone-lines » de la Ville de Butembo reposent sur le niveau II de la roche mère altérée. Ces « stone-lines » sont hétérométriques avec prédominance des galets et cailloux (28 %), graviers (23%) et sables grossiers (10%). Les matériaux fins représentent en tout 31%, synonyme d'une érosion très intense.

Certaines stoné- lines sont situées entre les horizons A (de couleur noire ou bleuâtre) et B (de couleur jaune ou rouge). Ces stone-lines sont mixtes ou holométriques, et leur épaisseur est réduite (moins de 3m), mais aussi leurs matériaux sont jointifs ou pas. Une seule « stone-line » est double sur des pentes abruptes et toutes les « stone-lines » présentent des ondulations.

MOTS-CLEFS: Etude morphologique et granulométrique, Stone-Lines, autochtonie, allochtonie.

1 INTRODUCTION

Beaucoup d'études ont été consacrées à l'analyse des « stone-lines » par les géographes, les géomorphologues, les géologues et les pédologues. Plusieurs hypothèses ont été présentées, mais malgré des études scientifiques très poussées et des analyses très complètes, il reste difficile de prouver les processus de genèse.

D'une part, les techniques actuelles manquent souvent de précision. De l'autre, différents modes de mise en place des « stone-lines » simultanées ou successifs, ont pu intervenir¹. Une analyse serrée n'aboutit qu'à une hypothèse ou à une probabilité.²

On assimile la « stone line » à des niveaux résiduels ou à des pavages dus aux phénomènes de ruissellement intense qui aurait emporté le sol meuble en laissant sur place des éléments grossiers qui seront prochainement enfouies sous un dépôt de colluvions amené par un nouveau ruissellement².

C'est admis également l'intervention du processus qui ont pu dans certains cas, opérer successivement et aboutir à l'édification des profils caractérisés par une convergence de forme.³

L'évolution sur place de l'autochtonie permet à Laporte (1962), de supposer d'un renforcement « hétéroclites » de tous les éléments quartzeux d'origine externe et d'une partie de ceux d'origine interne que l'on trouve dans le niveau II, la séparation entre les éléments grossiers et les éléments fins serait le fait des processus suivants⁴ :

- Homogénéisation par brassage biologique dans le niveau de couverture ; ce qui aboutirait à une descente verticale des éléments grossiers primitivement contenus dans ce niveau. L'auteur pense d'ailleurs plus à un « remaniement sur place » qu'à une remontée d'éléments, fins par la faune du sol.
- Les produits grossiers du sol ont tendance à s'enfoncer grâce à des propriétés physiques du matériau fin gorgé d'eau, à des modifications physiques du matériau fin reposant sous l'élément grossier (thixotropie) et également à l'action des alternances d'humectation et de dessiccation.

Il est présentée une hypothèse plus facilement généralisable : sable : attaque par l'érosion d'anciennes surfaces structurales. Elle se produit sur les versants érodés par les eaux courantes au pied du versant qui recule en formant un glacis d'érosion sur lequel s'épandent les éléments grossiers, « le sédiment plus fin dérivé des versants, attaqués plus hauts, est transporté vers le bas et en travers ou déposé sur la nappe de graviers située sur la surface d'érosion.

L'hypothèse faisant appel à des processus multiples fait intervenir l'influence des paléoclimats et indique l'existence probable de trois phases ; (a) 1^{ère} phase humide d'une altération profonde des roches ; (b) 2^{ème} phase sèche : l'érosion linéaire redevient importante, déblayant les éléments fins et répartissant un « pavage d'éléments grossiers » qui pourraient acquérir une certaine patine ; (c) 3^{ème} phase plio-pléistocène : les formations précédentes sont recouvertes par des sables éoliens. L'auteur de cette hypothèse, accorde également une grande importance à l'activité des termites qui pourraient concentrer les sédiments fins au-dessus des plus grossiers⁵.

Pour l'hypothèse de l'inversion des matériaux « retournement » ; RUHE développe comme schéma érosion d'anciennes surfaces d'aplanissement généralement cuirassées du début à la fin tertiaire selon les endroits. En zone tropicale, le recul d'un front d'érosion par abaissement du niveau de base provoque une inversion des matériaux : les éléments grossiers épandus sur le glacis d'érosion sont simultanément recouverts par les éléments fins provenant des horizons meubles et retenus par le couvert végétal au lieu d'être entraînés par les axes de drainage. Ce processus a intéressé des vastes zones jadis soumises au régime tropical et notamment une grande partie de l'actuelle zone équatoriale. L'auteur admet également qu'il puisse se produire en climat équatorial, des modifications morphologiques de la « stone line » par des processus « érosion chimique » en relation avec une reprise d'érosion et un approfondissement des axes de drainage.

¹ RIQUIER, J., *contribution à l'étude des « stone lines » en régions tropicale*, cah, orstom, sér, pédol, vol VII, p.73 ,1969.

² COLLINET, J., *Contribution à l'étude des « stone-lines » dans la région du moyen Ogooué au Gabon*, cah ortom sér. Pédol, vol VIII, p 15.18 ,1969

³ MARCHESSEAU, J., *Etude minéralogique et morphoscopique de la « stone line » au Gabon*, B.R.G.M, Libreville, G.S.A.O, 109p, 1965

⁴ LAPOTRE, G., *Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée* Comilog, J.R.S.C.M.C, 119, Brazaville, 1499, p1,1962

⁵ RUHE V., *Landscape evolution in the high Ituri*, Belgian Congo, INEAC, Ser, Sci, n° 66, Bruxelles, 1958, P53

L'élément constituant actuellement les niveaux II en zone équatoriale serait donc entièrement hérité de cette inversion des matériaux. L'auteur désigne ce processus par le terme de « retournement ».

Les profils pédologiques des sols tropicaux et équatoriaux sont souvent complexes pour leur interprétation. La « stone line » visualise une discontinuité entre un matériel en place et un matériel homogénéisé et allochtone, même s'il n'a été que peu déplacé.

La « stone line » elle-même présente un certain intérêt pour des reconstitutions paléogéographiques ou géomorphologiques en particulier pour déterminer l'extension de certaines couches géologiques aujourd'hui complètement érodées⁶.

Elle a des conséquences agronomiques assez importantes, notamment pour certaines cultures, comme celle du caféier dont les racines sont très sensibles à la présence d'éléments grossiers.

La « stone-line » permet de replacer le profil pédologique dans son cadre historique et de mieux dégager les influences actuelles des facteurs pédologiques de celles du passé. Elle oblige les pédologues à repenser le fameux équilibre vitesse d'érosion-vitesse d'altération, qui permet de distinguer les sols jeunes des sols murs⁷.

Les profils pédologiques de la Ville de Butembo renferment par endroit des « stone-lines ». L'étude de ces dernières pose de sérieux problèmes quand il s'agit de déterminer l'allochtonie ou l'autochtonie de matériaux. Il se pose aussi le problème de datation de ces derniers.

La présente recherche est axée à l'analyse granulométrique et morphologique des « stone-lines ». Il s'agit de procéder à leur classification sur base de la taille de matériaux constitutifs et de leur forme mais aussi de dégager les niveaux sur lesquels reposent les « stone-lines » de la Ville de Butembo.

La recherche a été restreinte aux profils pédologiques de la Ville de Butembo. Les caractéristiques de cette région sont les suivantes :

- 1) Un climat hyper humide du type colombien dont la moyenne pluviométrique dépasse souvent 1500mm et la température moyenne est inférieure à 20°C chaque année (tableau n° I). Ce caractère climatique est à la base d'une altération très poussée de la roche in-situ et de la dégradation des restes fossiles ; un atout pour la genèse des « stone-lines » et un handicap majeur pour leur datation à partir des restes fossiles.

Tableau 1. Moyenne pluviométrique de la Ville de Butembo de 2004-2017 (14 ans)

	J	F	M	A	M	J	J ^l	A	S	O
T°C	19,49	19,58	19,66	20,18	20,13	19,33	19,32	19,05	19,20	19,32
Pmm	125,56	133,46	212,46	187,71	184,59	129,53	242,29	235,41	313,67	269,63

N	D	Total	Indice d'aridité
19,2	19,21	19,48	77
219,86	163,24	2245,27	

Commentaire :

Le tableau sus indiqué montre une moyenne pluviométrique de 2245,27 mm et une température oscillant autour de 19°C pour tous les 14 ans. L'indice d'aridité de 77 est caractéristique d'un milieu hyper-humide.

- 2) Le relief est accidenté avec des dénivellations pouvant aller au-delà de 200m à moins de deux kilomètres à vol d'oiseau à certains endroits⁸. Le milieu urbain de Butembo est déprimé dans le centre-ville ; mais par endroit, la ville est disséquée en collines ou croupes convexes. Cette topographie accidentée est favorable à des glissements de terrains, au creep et à des

⁶ REQUIER, Ibid., 1969,p95

⁷ COLLINET. Op.Cit., 1969,p11

⁸ SAHANI M., Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 à 2010, GEOLOTROP, thèse de doctorat, 2012,p21

éboulements. Ces glissements de terrains, sur de fortes pentes, sont favorables à la formation des « stone-lines ». La loupe de glissement constituerait la nappe de couverture de la « stone-line (niveau II)

3) Le substratum géologique comprend quatre types de roche tels que décrits par SAHANI (2012).

- Le complexe basique de la Luhule-Mobissio : il se trouve autour de la Mubunge. Il est formé des méta basaltes, des diorites, des dolérites et d'îlots de quartzites.
- Assise sédimentaire de la Luhule-Mobissio : elle est composée des schistes, des quartzites avec des intercalations calcaires. Ces schistes datent du Burundien inférieur et moyen.
- La série de Lubero : elle est constituée des micaschistes avec des intrusions granitiques, des pyllades, des schistes, des grès et des quartzites qui datent du Burundien inférieur. Ces roches sont situées à l'Est de la ville.

La diversification des roches en Ville de Butembo, montre que la région a été le théâtre des mouvements orogéniques importants, du précambrien au tertiaire. Par son relief accidenté, Butembo est une ville piégée par son site en proie d'érosion.

4) Les sols de la Ville de Butembo se diversifient selon les roches mères, la texture et la matière organique mais aussi la teneur en eau. Ces sols sont tous Kaolisols parce qu'ils sont formés par un matériau Kaolinique caractérisé par une fraction argileuse à dominance du Kaolinite et d'oxydes libres⁹.

Les oxydes de fer présents dans les sols donnent au sol sa coloration rouge ou brune, lui conférant ainsi le nom de ferrisols.

Sur le plan textural, ces sols sont généralement riches en argile et en limon dans la partie ouest de la ville. Sur les collines formées des quartzites ou des granites de la partie orientale, la texture est argilo-sableuse.

Quant à la teneur en eau, deux types de sols se partagent la Ville de Butembo : les hydro-kaolisols et les hydro-xérokaolisols.

Ces différents types de sols sont modifiés par les conditions de stations. Sur les collines et les pentes fortes, ils sont bien drainés et de couleur brune ou rouge. Dans les fonds des vallées, plats et marécageux, ils sont hydro-morphes, tourbeux, très acides et de couleur noire ou bleuâtre¹⁰.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

La recherche a nécessité comme matériels :

- Un mètre canne et un mètre en roulement, pour la mesure de la hauteur du talus et de l'épaisseur du niveau II de la « stone-line » ainsi que de la nappe de couverture (niveau I).
- Un GPS (global position system), pour le prélèvement des coordonnées géographiques des sites échantillonnés.
- Un pied de coulisse a servi à la mesure de la taille et du diamètre des éléments grossiers au niveau de la « stone-line » et de la nappe de recouvrement.
- Les tamis, pour déterminer la taille des éléments fins (argile, limon, sable fin).
- Un clinomètre à boussole, pour la mesure des pentes du talus du piedmont en amont.

2.2 MÉTHODES

Pour déterminer les différentes couches et dégager le niveau sur lequel repose la « stone-line » mais aussi se rendre compte de la forme de cette dernière, nous avons procédé à l'observation macroscopique.

L'analyse granulométrique des échantillons a été d'une importance capitale. Elle a permis non seulement de rendre compte de la taille des matériaux constitutifs, mais aussi de confirmer ou d'infirmer l'autochtonie ou l'allochtonie des éléments. Cette analyse granulométrique donne des résultats, mais l'identité granulométrique entre deux niveaux n'est jamais parfaite, par suite de (du) :

⁹ POMEROL et RENARD, *Eléments de géologie*, 11^{ème} éd., Paris, Masson, 1997.P22-28

¹⁰ SAHANI M., Op.cit.P12-27

- Du lessivage pédologique des argiles ;
- De l'altération plus ou moins grande des sables fins et limons pour donner des argiles ;
- De la formation des pseudo-sables dans certains horizons pédologiques ;
- De l'hétérogénéité de la roches-mère.

Les différentes méthodes sus-détaillées ont été accompagnées par certaines techniques entre autres :

- L'enquête sur terrain : il a été question de parcourir la ville, afin d'identifier les profils à « stone-lines »
- Des mesures ont été effectuées pour déterminer l'épaisseur des couches de différents profils pédologiques à « stone-lines ».
- Les résultats des analyses granulométriques au laboratoire et des mesures de différentes couches ont été synthétisés sur des graphiques et des profils pour une bonne interprétation.
- La lecture des ouvrages surtout ceux cadrant avec le thème de recherche, ont ouvert notre intelligence sur la compréhension du sujet. Ces ouvrages ont donné des premières cogitations pour aborder le sujet de la présente recherche mais aussi sur l'étude du milieu.

Les méthodes et les techniques susmentionnées ont abouti à des résultats qui sont présentés, interprétés et discutés au chapitre ci-dessous intitulé, résultats de la recherche.

3 RESULTATS DE LA RECHERCHE

3.1 PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS PROFILS PÉDOLOGIQUES

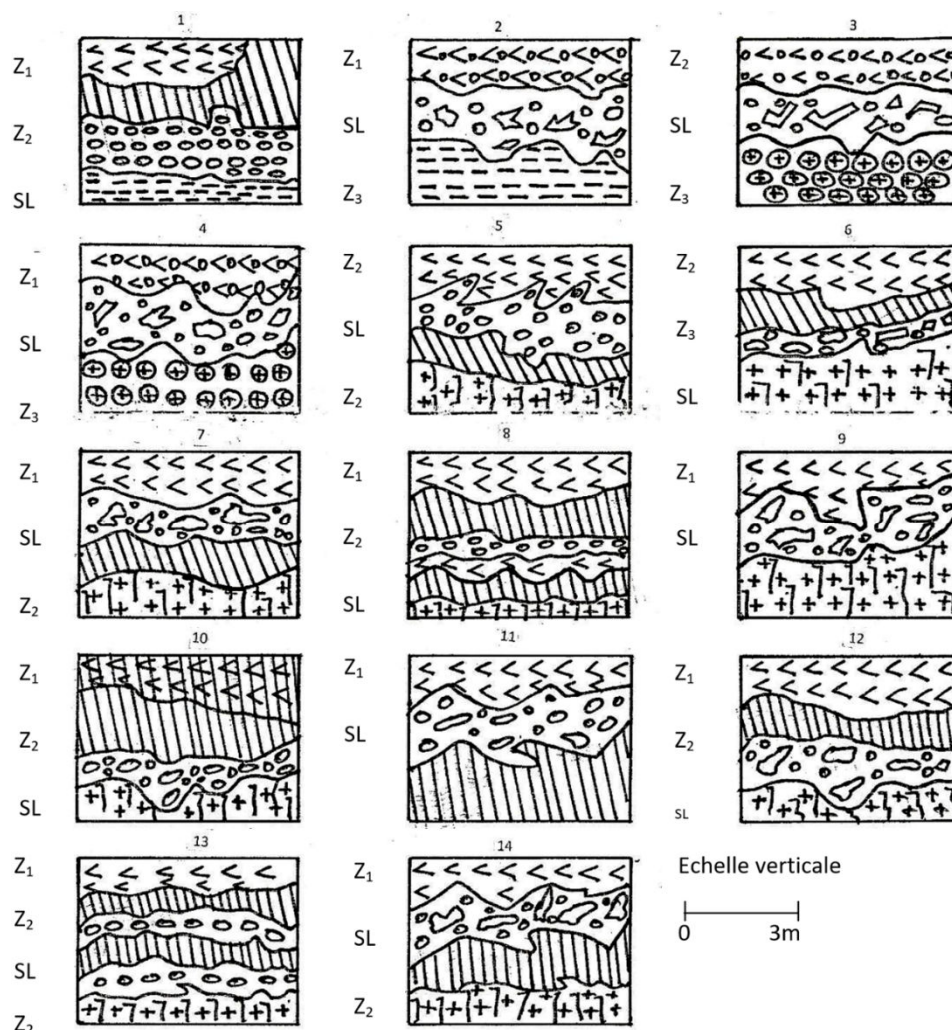


Fig. 1. Profils d'altération des roches

Légende

	Zone 1 de la couleur noire
	Zone 2 de la couleur jaune
	Zone 2 de la couleur rouge
	Stone-line homogène
	Stone-line mixte
	Zone 3 de la roche mère basique altérée
	Zone 3 de la roche mère granitique totalement altérée
	Zone 3 de la roche mère granitique partiellement altérée

3.2 PRÉSENTATION DE DONNÉES DES PROFILS PÉDOLOGIQUES

Ce paragraphe donne des renseignements sur la forme des stone lines, le niveau sur lequel cette dernière repose, la taille des éléments constitutifs et l'épaisseur de la « stone line » ainsi que de la nappe de recouvrement.

Tableau 2. Stratification des couches, épaisseur de « stone lines » et forme

N°	Identification du site	Coordonnées géographiques	Stratification des couches	Epaisseur « stone-line »	Forme de la « stone-line »
01	VUTIKE-FURU	00°09'22" - 029°17'23" 1738m	Z1/Z2/SL/Z3	1,7m	Homogène et onduleuse
02	KITATUMBA	00°08'56" - 029°16'52" 1739m	Z2/SL/Z3	2 dm	Mixte et onduleuse
03	KAMBALI	00°08'35" - 029°17'13" 1744m	Z2/SL/Z3	1,5m	Mixte et onduleuse
04	ITAV-VUTSUNDO	00°07'33" - 029°16'50" 1659m	Z2/SL/Z3	0,7m	Mixte et onduleuse
05	ABATTOIR PUBLIC	00°07'18" - 029°17'14" 1738m	Z1/SL/Z2/Z3	4dm	Homogène et onduleuse
06	VUBANGE	00°07'14" - 029°17'56" 1728m	Z1/Z2/SL/Z3	2dm	Homogène et onduleuse
07	KALIVA	00°06'30" - 029°17'01" 1755m	Z1/Z2/SL/Z3	5dm	Mixte
08	VICHAÏ	00°05'38" - 029°17'12" 1713m	Z1/SL/Z2/Z3	3dm	Homogène et onduleuse
09	KIRIMAVOLO	00°06'18" - 029°17'57" 1758m	Z1/Z2//Z1/SL/Z2/Z3	4dm	Homogène et onduleux
10	VIHULI	00°06'10" - 029°18'44" 1739m	Z1/Z2/SL/Z3	8dm	Homogène
11	KATASOHIRE	00°06'25" - 029°19'22" 1706m	Z1/SL/Z2	1,8dm	Mixte
12	MUTSANGA	00°07'16" - 029°18'42" 1732m	Z1/Z2/SL/Z3	6dm	Mixte et onduleux
13	MATUMAINI	00°08'43" - 029°17'23" 1738m	Z1/Z2/LG/Z2/LG/Z3	7dm	Homogène et onduleux, double
14	MUSUSA	00°05'19" - 029°17'58" 1610m	Z1/Z2/LG/Z3	3dm	Mixte et onduleux

Tableau 3. Taille des matériaux, hauteur du talus et épaisseur de la nappe de recouvrement

N°	Dénomination du site	Hauteur moyenne du talus et pente	Taille des éléments	Epaisseur de la nappe
01	Vutike-Furu	3m, 65°	5mm-3cm	17dm
02	Vallée Kitatumba	3,5m, 81°	5mm- 5cm	5dm
03	Vallée kambali	4m, 70°	5mm-10cm	7dm
04	Vallée Itav	2,5m, 78°	5mm-7cm	6dm
05	Abatoir publique	8m, 80°	5mm-5cm	10dm
06	Vubange	3m, 82°	5mm-7cm	14dm
07	Pont kaliva	3,5m, 73°	5mm-8cm	20dm
08	Vallée Vichaï	8,5m, 84°	5mm-6cm	30dm
09	Vallée Kirimavolo	5m, 81°	5mm-6cm	10dm
10	Vallée Vihuli	7,5m, 78°	5mm-8cm	26dm
11	Pont Katasohiri	5m, 75°	5mm-6cm	10dm
12	Pont Mutsanga	5m, 67°	5mm- 5cm	7dm
13	Matumaini	6m, 85°	5m m – 3 cm	50 dm
14	Musua	4m, 70°	5m m – 12 cm	30 dm

Les moyens financiers très limités pour mener une recherche scientifique rigide n'ont pas permis de penser à une étude granulométrique de 12 sites retenus comme échantillon. Seuls quatre sites dont un échantillon de 2000gramme par site sont repris dans le tableau suivant :

Tableau 4. Classification granulométrique des éléments ou des matériaux constituant les stone-lines et la nappe de recouvrement

N°	Noms des sites	Taille des éléments en gramme et en %											
		Galets et cailloux		Graviers		Sables grossiers		Sables fins		Limon		Argile	
		>5mm		5mm		2mm		1mm à 500Mc		250 à 100 M		<45 Mg	
		gr	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
01	Itav-Vutsundo	600	30	500	25	260	13	250	12 ⁵	170	8 ⁵	4	7
02	katasohire	500	25	500	25	150	7 ⁵	250	12 ⁵	450	23	24	15
03	Kambali	600	30	450	22 ⁵	200	10	250	12 ⁵	270	14	22	15
04	Kirimavolo	550	27	370	18 ⁶	200	10	500	25	250	12 ⁵	11	10
05	TOTAL	2250	99,8	1820	100	810	100	1250	100	1140	96,7	60 ⁵	99,8

Les données du tableau sus indiqué ont conduit à l'élaboration des courbes granulométriques ci-dessous :

Courbes granulométriques des sites retenus par l'analyse granulométrique

3.3 ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Un regard sur les profils pédologiques de la Ville de Butembo montre que le « stone- lines » repose soit sur le niveau III de la roche mère altérée, (profils, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 14), soit situées entre les horizons 1 et 2 (profs, 5, 6, 7, 8, 9, 13).

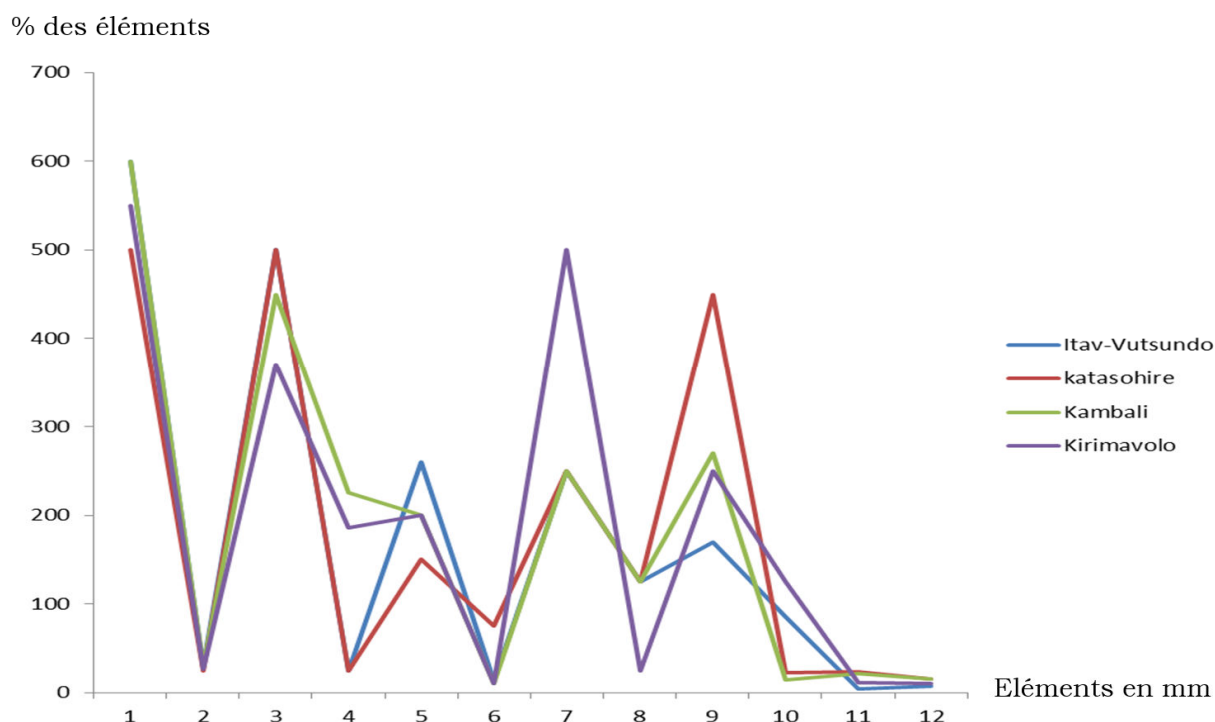


Fig. 2. Courbes granulométriques des sites retenus pour l'analyse granulométrique

Commentaire :

Ces courbes granulométriques des matériaux constitutifs montrent des formations hétérométriques pour les quatre sites retenus comme échantillon. Ces identités des sites font preuve d'une autochtonie de la « stone-line » et de la nappe de recouvrement.

Dans une étude parallèle sur les « stone-lines » des régions tropicales et équatoriales d'Afrique, J RIQUIER et J COLLINET (1969)¹¹ ont démontré que la « stone-line » repose sur le niveau III de la roche altérée.

Une étude menée au Madagascar par le même auteur, donne la possibilité de trouver les « stone-lines » entre les horizons A et B. Pour ces auteurs, l'érosion n'a pas réussi à entamer l'horizon B. Par contre en région accidentée de la Ville de Butembo, l'horizon B de couleur rouge ou jaune est fortement menacé d'altération insovolométrique. La roche pourrie conserve les caractéristiques structurales originelles, mais elle a perdu toute constance chimique. L'aération du matériel, catalyseur des phénomènes de soutirage et de suffusion, rend la roche plus friable¹².

Les « stone-lines » échantillonnés (14 au total), sont moins épaisses de moins de 2m ; ce sont des petites « stone-lines ». Les véritables « stone-lines » sont épaisses de plus de 5 m (RIQUIER, J ; 1969). Les précipitations abondantes et les glissements de terrains réguliers en hautes terres, décomposent les stone-lines de la ville de Butembo et réduisent ainsi leur épaisseur.

Les matériaux constituant les « stone-lines » de Butembo sont jointifs pour les profils « 1, 2, 3, 12 » ou non jointifs pour le reste de profils. Ces « stone-lines » aux matériaux non jointifs ont été décrits par LEVEQUE (1968)¹³. Celui-ci ne préfère pas les appeler « stone- lines ». Les éléments d'une « stone line » sont toujours jointifs, comme posés les uns sur les autres. Mais lorsque leur nombre est insuffisant pour former des couches superposées, ils ne sont pas jointifs. Cependant il n'est pas facile de déplacer un des éléments grossiers à la main sans déplacer le voisin.

¹¹ RIQUIER J., et COLLINET J., Ibid, 1969.p104, P82

¹² MBUSA MATABISHI, Estimation des risques érosifs et aménageabilité du site de l'abattoir public de Butembo, menace de dégradation, in revue interdisciplinaire de l'UCG, n° 1, 2013.p115

¹³ LEVEQUE A., Le problème des sols à nappe de gravats, ch oroston, Sér., Pédol., VI, 1968, p 8

Les limites sur lesquelles reposent les « stone-lines » de la Ville de Butembo ne sont pas horizontales. Les ondulations de « stone-line » de Butembo peuvent être attribuées aux glissements de terrains. Les cicatrices d'érosion et les loupes de glissements sont visibles à plein profils pédologiques.

Il paraît plus judicieux de regarder le comportement d'une stone-line découpée et exposée à l'érosion actuelle. On constate que l'érosion ruisselante entraîne les éléments fins sous l'amorcellement d'éléments grossiers et ce processus fait descendre sur place toute la masse d'éléments grossiers.

Des invaginations en doigts de gant, ou en forme de marmites, de la « stone-line » à l'intérieur du niveau III, ont surpris les observateurs. Or il est possible de constater que l'érosion actuelle dans le niveau III, se produit très souvent en rigoles ou en petits ravins (ravines), très profonds à parois sub-verticales et en « marmites de géants »¹⁴.

Les ondulations de la partie supérieure de la « stone line », quelque fois à pentes fortes, ont pu se produire dans ce qui n'était alors que des tas de cailloux plus ou moins contigus à la surface du sol. On s'aperçoit souvent, d'ailleurs, que l'ondulation sur une coupe correspond en réalité à une butte dans l'espace.

On peut donc estimer que ces ondulations, ces invaginations ; se sont produites au moment du pavage d'érosion et ont ensuite été fossilisées par le dépôt de la couverture.

Une « stone-line » sur quatorze est double ou paire (profil 13, site MATUMAINI).

En effet, les chances de trouver deux « stone-lines » dans un même profil sont encore plus faibles pour certaines raisons¹⁵ :

Le premier cycle érosif constitue un pavage. Si l'érosion devient plus forte, ce pavage descend sur lui-même et s'épaissit vers le bas. Si au contraire l'érosion diminue d'intensité, ce sont les éléments fins qui se déposent en couverture colluviale, et une reprise d'érosion a peu de chance de déposer des éléments grossiers sur la couverture fine sans la décaper au préalable.

Ce processus est cependant possible si la couverture fine est fixée par une végétation herbacée (profil 13), et si un orage violent et court entraîne des éléments grossiers à partir d'un affleurement supérieur assez proche. Il faut donc un relief très accidenté comme celui de la Ville de Butembo permettant un dépôt de colluvions au pied mont. Dans ce cas général, d'ailleurs une nouvelle érosion entraîne les éléments fins et la deuxième « stone line » résiduelle vient reposer sur la « stone-line » principale, qu'elle épaissit vers le haut.¹⁶

Remarquons cependant que l'érosion bien que présentant des phases de paroxysme est continue depuis les temps géologiques. Elle a donc tendance à faire descendre la « stone-line » supérieure, si elle est formée jusqu'à la « stone-line » inférieure située au-dessus de la zone d'altération de la roche. Celle-ci freine et arrête une érosion plus profonde avant que la roche soit suffisamment pourrie et réduite en éléments fins pour se laisser entraîner à son tour. Ce processus explique que l'on ne trouve en général qu'une seule « stone line ».

Pour un échantillon de quatorze profils pédologiques à « stone-lines », huit sont mixtes et six sont homogènes.

Les premières sont constituées des éléments de taille différente (galets, graviers, cailloux, sables, grossier) et les seconds sont formés uniquement des graviers ou de galets ou encore des cailloux¹⁷. La présence de cailloux dans certains profils à « stone lines » est un signe d'allochtonie. Mais pour Requier (1969), l'arrondissement de matériaux peut se réaliser sur place par altération chimique. Mais à notre avis, ces cailloux « dans certains profils » (profils sites Wayimira, Kaliva, Kirimavolo), seraient allochtones étant donné que le sol tourbeux qui constitue l'horizon A est un indice d'une ancienne mer intérieure dans le milieu. On suppose que les rivières qui alimentaient cette mer intérieure amenaient des matériaux des régions lointaines ; matériaux qui devaient subir l'émoussé à cause d'un long transport.

Dans l'ensemble de profils, la kaolinite augmente à plein profils ; ce qui peut être dû à une altération du type ferralitique plus intense au niveau de l'horizon B et voire C, malheureusement l'hématite

Les analyses granulométriques de quatre sites situés (tableau 4) montrent une hétérogénéité des matériaux. On trouve dans l'ensemble, 28,12% de galets et cailloux, 23% de graviers, 10% de sables grossiers, 16% de sables fins, 14% de limon et

¹⁴ COLLINT J., Ibid, 1969,p21

¹⁵ RIQUIER, Ibid, 1969 ,p26

¹⁶ RIQUIER, Ibid, 1969,p86

¹⁷ MARCHESSEAU J., Etude minéralogique et morphologique de la « stone-line » au Gabon, B.R.U.M, Libreville, G.S.A.O, 1965,p51

enfin 0,75% d'argile. Ceci donne lieu à des formations hétérométriques (voir courbes granulométriques). Les identités au niveau de sites témoignent d'une autochtonie de matériaux.

Dans le milieu, le lessivage des éléments alcalins, alcalino-terreux et de la silice est très poussé. Cela rend le milieu acide. Il se forme alors une argile très pauvre en silice nommée kaolinite.

4 CONCLUSION

Ville tropicale d'altitude, Butembo renferme par endroit, plusieurs profils pédologiques à « stone-lines ».

L'examen macroscopique et granulométrique permet de constater ce qui suit :

- Huit « stone-lines » reposent sur le niveau III de la roche altérée et six sont entre les horizons A et B fortement altérés.
- Ces « stone-lines » reposent sur des limites non horizontales et leurs éléments ne sont pas jointifs dans la plupart de profils à cause des glissements de terrains qui caractérisent le milieu
- Datant du quaternaire et antérieures au pléistocène moyen, les « stone-lines » de Butembo sont moins épaisses et constituées de matériaux diversifiés en taille. Elles sont donc hétérométriques et autochtones ou allochtones

Mais certaines d'entre elles sont homogènes, c'est-à-dire constituées des lits de cailloux ou des graviers. La nappe de recouvrement est celle des sables fins et grossiers, d'argiles et de limons.

Les stone-lines de Butembo se décomposent ou s'altèrent facilement à cause des érosions à la base des glissements de terrains très réguliers dans le milieu. Les matériaux grossiers de ces « stone-lines » entrent dans la construction où servent des graviers ou comme sables.

REFERENCES

- [1] COLLINET, J., contribution à l'étude des « stone lines » dans la région du moyen ougoé au Gabon, cah ortom sér. Pédol, vol VIII, 1969.
- [2] LAPOTRE, G., reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog, J.R.S.C.M.C, 119, Brazaville, 1499, 1962
- [3] LEVEQUE A, le problème des sols à nappe de gravats, cah orostom, sér. Pédol, VI, 1968
- [4] MARCHESSEAU, J., étude minéralogique et morphologique de la « stone- line » au Gabon, B.R.G.M, Libreville, G.S.A.O, 109p, 1965. MBUSA MATABISHI, « estimation des risques érosifs et aménageabilité du site de l'abattoir public de Butembo menacé de dégradation », in revue interdisciplinaire de l'U.C.G, N°11.
- [5] POMEROL C., et RENARD M., Eléments de géologie, 11^{ème} éd., Paris, Massan, 1997.
- [6] RIQUIER, J. et COLLINET, contribution à l'étude des « stone- lines » en régions tropicale, cah, orstom, sér, pédol, vol VII, 1969.
- [7] RUHE, V., Ladscape evolution in the high Ituri, Belgion Congo, INEAC, Ser, sci, N° 66, Bruxelles, 92 p, 1956.
- [8] SAHANI M, Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la Zone urbaine de Butembo (RDC), de 1957 à 2010, GEOECOTROP, thèse de doctorat, 2012.

Comment les chercheurs appréhendent-ils la performance dans leur domaine ? Une étude exploratoire à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

[How do researchers apprehend performance in their field ? An exploratory study at the Cheikh Anta Diop University of Dakar (Senegal)]

Ousmane Tanor Dieng and Massamba Samb

Laboratoire de recherche en Finance, Organisation, Contrôle et Stratégie (FOCS), Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG), Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal

Copyright © 2020 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: Studies focusing on the activity of teacher-researchers are a field that is not well invested in the Senegalese context. To contribute to the reflection in this field, the Cheikh Anta Diop University (the most important university in Senegal) has been our empirical field. The data collected at this institution made it possible to compare the types of research conducted in the sample surveyed with what is known from the literature on research profiles. In each of the research activities identified in the sample, we tried to understand some relevant dimensions of performance in relation to what the management literature teaches about this concept. Among other things, the study reveals that the performance considered from a "success" perspective is one of the most salient aspects of the empirical data. Through this facet, we discover the logic of stewardship theory where each respondent (each teacher-researcher) tries to highlight the interest and success of the team, the group and more broadly the organization where he is an actor.

KEYWORDS: Research, Performance, teacher-researcher.

RÉSUMÉ: Les études s'intéressant à l'activité des enseignants chercheurs constituent un domaine peu exploré dans le contexte sénégalais. Pour contribuer à la réflexion dans ce domaine, l'Université Cheikh Anta Diop (la plus importante université au Sénégal) a constitué notre terrain empirique. Les données recueillies dans cette institution et exploitées à l'aide de l'analyse de contenu ont permis de confronter les types de recherche entrepris dans l'échantillon enquêté avec ce qu'on sait de la littérature sur les profils de recherche. Dans chacune des activités de recherche identifiées dans l'échantillon, nous avons essayé d'appréhender certaines dimensions pertinentes de la performance en rapport avec ce que la littérature en gestion enseigne sur ce concept. L'étude révèle, entre autres, que la performance envisagée sous l'angle « succès » est l'une des facettes les plus saillantes dans les données empiriques. A travers cette facette, nous découvrons la logique de la théorie de l'intendance où chaque enquêté (chaque enseignant-chercheur) essaie de mettre en avant l'intérêt, la réussite de l'équipe, du groupe et plus largement de l'organisation où il est acteur.

MOTS-CLEFS: Recherche, Performance, enseignant-chercheur.

1 INTRODUCTION

Les universités font face à une évolution rapide de leur environnement. Cette évolution est la résultante, entre autres, de la compétition interuniversitaire et du passage à des établissements de masse en raison de l'augmentation des inscrits ([1]). Les Etats sensibles à l'ampleur des défis redoublent d'efforts pour que leurs universités, à travers la qualité du savoir et les

innovations dont elles peuvent être les locomotives, soient des cercles compétitifs, des cercles à l'avant-garde du développement ([2]).

Mêmes les bailleurs, notamment la banque mondiale, reconnaissent maintenant que les systèmes d'enseignement supérieur et de recherche influencent la productivité nationale qui, dans une large mesure, détermine le niveau de vie et l'aptitude d'un pays à être compétitif et à participer pleinement au processus de mondialisation. L'importance de la recherche en tant que moteur essentiel de la société et de l'économie du savoir n'est ainsi plus à démontrer ([1]). Cette vérité vaut tout son poids dans le contexte de l'université où l'efficacité et la pertinence de ses missions (qui incluent l'enseignement et le service à la société) dépendent étroitement du dynamisme de son activité de recherche ([3]).

En Afrique, la prise de conscience du rôle de la recherche à l'université a donné lieu à des études visant à faire l'état des lieux sur les pratiques de gouvernance de la recherche dans certaines universités de la région. Revendiquant au plan conceptuel une approche gouvernance [4], ces travaux ont mis en avant la dimension reddition de compte, la transparence et la nécessité de renforcer les mécanismes de contrôle dans une perspective de bonne gouvernance de la recherche ([5], [6]). A propos, les travaux de [7] suggèrent un regard différent faisant prévaloir que l'activité de recherche s'alimente d'une grande liberté qui s'accommode très mal à des contrôles ou « pressions » hiérarchiques. A l'UCAD¹ (notre champ empirique), cette liberté semble d'ailleurs « non négociable ». Il a fallu que l'Etat du Sénégal proposât, dans l'organigramme actuel de l'UCAD, la création d'un nouveau mécanisme de gouvernance ouvert aux partenaires extérieurs (en l'occurrence un Conseil d'Administration) pour que le SAES² la dénonçât³ énergiquement comme une entrave à la liberté des universités. Finalement, c'est comme si, pour ces universitaires, les questions académiques et de recherche s'accommodent mal avec des logiques de contrôle ou de gouvernance. En suivant le regard de [8]⁴, c'est comme si l'enseignement et la recherche à l'université c'est d'abord l'affaire de ceux qui les exercent (soit les enseignants-chercheurs) avant d'être l'affaire des responsables ou spécialistes en gouvernance. S'agissant de l'activité de recherche, qui nous intéresse ici en particulier, même si elle requiert des équipements et/ou des outils de mesure, il y faut en premier lieu des cerveaux [9] capables de l'exercer. Dans le champ de l'université, ces cerveaux sont représentés par les enseignants-chercheurs ([10]).

Au Sénégal, des études s'arrêtant sur ce que font les enseignants chercheurs, acteurs clé du système universitaire, on en compte à peine. Les rares travaux dans ce domaine ont investi des questions relatives à la gouvernance de la recherche dans les universités sénégalaises [11] et aux déterminants de la carrière des enseignantes chercheuses ([12]). Les questions abordant directement la performance du personnel enseignant et de recherche, dans un contexte où la recherche se voit de plus en plus demander des comptes sur son efficacité et son utilité [13], constituent un « axe mort » dans les réflexions. Ce papier se propose, avec une intention modeste, de débayer cet axe dans le contexte sénégalais suivant une approche exploratoire. Adhérent à la vision qui voit dans la performance un concept permettant de rendre compte d'une perception de la réalité, nous donnons ici la parole au personnel de recherche de l'UCAD pour analyser leurs discours sur la performance dans leur domaine d'activité. La question qui oriente la réflexion est la suivante : *comment les enseignants chercheurs à l'UCAD appréhendent-ils la performance dans leur domaine d'activité ?* Nous nous interrogeons alors doublement :

- Quelles sont les activités de recherche auxquelles s'adonnent les enseignants chercheurs à l'UCAD ?
- Dans ces dites activités, comment la performance y est-elle perçue et représentée par les enseignants-chercheurs ?

Pour traiter ces questions, nous divisons le papier en trois parties. D'abord une revue de la littérature est réalisée pour bien camper le sujet d'intérêt. Ensuite, nous présentons la méthodologie de recherche adoptée. Enfin, les résultats sont exposés et discutés.

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar

² Syndicat Autonome de l'Enseignement Supérieur.

³ Ce fut une dénonciation très « active » qui a mobilisé différentes formes de contestations : débrayages, sit-in, points de presses jusqu'à l'organisation d'une cérémonie d'incinération de ladite loi !

⁴ Cité par Taylor (2006), « Gérer l'ingérable : la gestion de la recherche dans les universités à vocation de recherche », Politiques et gestion de l'enseignement supérieur, vol. 2 n° 18, p. 1-28.

2 REVUE THÉORIQUE ET CONCEPTUELLE

2.1 L'UNIVERSITÉ FACE À UN CONTEXTE DE MUTATION

Aujourd'hui, l'université fait face à un environnement de plus en plus mutant. Ainsi, d'aucuns n'hésitent pas à assimiler les universités à des entreprises œuvrant sur un marché concurrentiel ([10]). Au sein de ce marché, où les étudiants sont perçus comme des clients et les professeurs comme des ressources à conquérir et fidéliser, la production de connaissance y est un facteur de compétitivité, un vecteur d'innovations ([14]). Dans le marché de l'enseignement supérieur et de la recherche, cette activité de production de connaissance est aux prises avec la massification des étudiants et la concurrence entre universités qui visent les meilleurs rangs dans les classements au niveau international. Le concept d'« université de rang mondial », qui s'est imposé dans la dernière décennie, est ainsi révélateur de cette compétition entre universités qui s'est fortement internationalisée ([15]). Force est de constater que la « rivalité » des universités en matière d'acquisition, d'adaptation et de création de connaissances avancées est devenue irréductible. Dans l'espace OCDE par exemple, des Etats comme l'Allemagne, la France, le Royaume Uni ont compris que cette rivalité a un coût. Ainsi, ils mobilisent d'importants moyens pour financer la recherche dans leurs universités ([16]).

En Afrique, certaines voix s'interrogent sur la capacité des universités de la région à s'imposer dans l'économie de la connaissance. Le fait que certaines universités de la région n'ont pratiquement pas de budget alloué à la recherche [11] rend ces voix très circonspectes. Elles (ces voix) partent du fait que le financement est indispensable sinon joue un rôle très important dans la stimulation de la production du savoir ([17]). Pour d'autres par contre, la situation n'est pas si alarmante vu le nombre appréciable d'enseignants chercheurs qualifiés dont dispose l'Afrique et qui peuvent porter l'essor de ses universités⁵. Dans ce débat, parfois clivant, nous rejoignons [18] qui précise que les universités des pays en développement ne peuvent pas être appréciées de façon homogène. Même si c'est les universités des pays du nord qui dominent l'économie de la connaissance, « un grand nombre de pays en développement et à revenu intermédiaire ont les moyens d'établir des universités dotées de services de recherche, à même de participer au système mondial des connaissances » (p.125).

2.2 2.2. LA RECHERCHE, UNE MISSION D'ENJEU POUR L'UNIVERSITÉ

L'université a pour missions de contribuer à la production du savoir (recherche), à son appropriation critique (enseignement) et à sa valorisation (capitalisation et mise en valeur). Ces trois missions ne sont pas sans liens. Les résultats issus des travaux de recherche participent au renouvellement des savoirs. Ils constituent des matériaux fertiles pour améliorer la qualité de l'enseignement dispensé. Par ailleurs, grâce à la recherche et aux innovations qu'elle impulse, il est possible d'apporter des solutions aux problèmes des pays, des régions et des continents et d'induire le progrès au plan socio-économique.

En examinant les plans stratégiques des universités publiques sénégalaises, le constat est qu'il existe une certaine volonté de promouvoir la recherche dans ces institutions. En témoignent les données du tableau ci-dessous tirées des plans stratégiques de ces universités.

⁵ Cf. Toguebey (-), Recherche académique et performance universitaire
https://www.ucad.sn/reesao/doc/reesao2013/communication/presentation_toguebaye.pdf

Tableau 1. Place de la recherche dans les visions et missions des universités

Universités	Vision	Mission
Université Gaston Berger de Saint Louis (UGB)	Etre un pôle d'excellence rayonnant dans toute l'Afrique de l'Ouest à travers une recherche innovante et dynamique au service du développement.	-Contribuer à la recherche scientifique au niveau national et international ; - Contribuer au développement de la vallée du fleuve Sénégal et de son hinterland, en prenant en charge ses problématiques de développement par la recherche.
Université Alioune Diop de Bambey (UADB)	Promouvoir l'éthique et l'excellence dans la formation, la recherche, le management et la gouvernance universitaire, le partenariat, la vie estudiantine.	Contribuer au développement local et national.
Université de Thiès (UT)	Garantir la pertinence et la qualité des enseignements, de la recherche et des services offerts à la communauté.	Impulser la recherche scientifique à travers des écoles doctorales adossées à des équipes pluridisciplinaires et à des laboratoires de recherche contribuant ainsi au développement sur le plan local, national, régional et international.
Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)	Etre au service du développement socioéconomique du Sénégal et de l'Afrique.	Développer la recherche dans toutes les disciplines de la science, de la technique et de la culture.
Université de Ziguinchor (UZ)	Promouvoir le développement durable à partir des ressources naturelles.	L'institution n'a pas décliné ses missions dans son plan stratégique.

Au regard du tableau ci-dessus, la recherche est généralement considérée par les universités comme un « levier » pour contribuer au développement (local, national voire du continent) et pour faire avancer les connaissances.

Si l'on s'arrête sur l'UCAD (qui sera notre champ empirique), la loi n° 67-45 du 13 juillet 1967 relative à cette université dispose en son article premier : « L'Université de Dakar est également chargée de promouvoir la recherche scientifique fondamentale, et de coopérer à la recherche appliquée, pour la République du Sénégal comme pour les Etats africains qui le désirent. » [18] précise que l'université peut combiner recherche fondamentale et recherche appliquée (comme précisé ci-dessus par la loi 67-45) quand d'autres institutions en sont incapables. Là-dessus, la littérature est riche en contributions qui ont essayé de comparer les types d'activités de recherche.

2.3 LA RECHERCHE :DES TYPES ET SINGULARITÉS...

La typologie classique à partir de laquelle les auteurs caractérisent l'activité de recherche repose sur la grille qui distingue recherche appliquée et recherche fondamentale. Selon [19], l'un des principaux traits distinctifs de la recherche fondamentale, encore qualifiée de recherche pure, c'est qu'elle débouche sur des découvertes, inventions, réflexions, modélisations, voire conjecture. Quant à la recherche appliquée, elle vise à apporter des solutions à des problèmes spécifiques et nécessite en général « ...le travail avec des clients qui ont identifié à l'origine ces problèmes. » ([19], p.14). [20] abonde dans le même ordre d'idées en précisant que ces deux types de recherche correspondent à des activités différentes de par notamment leur finalité (objectifs). Toutefois, ces auteurs sont d'avis que ces deux types de recherche entretiennent des liens. Cette précision va dans le sens de certaines voix qui considèrent qu'il faut dépasser l'opposition entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Ainsi, trouve-t-on dans la littérature récente la notion de recherche sociétale ou recherche orientée. Celle-ci est définie comme une recherche issue des besoins sociaux et commandée par un problème concret à résoudre ([21]). Dans ce type de recherche, la place de la société est considérée comme prééminente car elle est à la fois la source des questionnements adressés aux chercheurs et le récipiendaire du retour de connaissances, d'informations et de technologies issues de l'avancement de la recherche ([22]).

Pour un aperçu plus large, le tableau ci-après expose les caractéristiques de la recherche sociétale tout en permettant la comparaison avec les recherches de type fondamental et appliqué.

Tableau 2. Types de recherches : comparaison synoptique

	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Recherche sociétale
Objectifs	Contribuer au développement des connaissances ; Elaborer des modèles explicatifs des phénomènes.	Trouver des applications aux connaissances de la recherche fondamentale ; Trouver des solutions nouvelles ; Améliorer des procédés.	Répondre à la demande de la société de mieux se comprendre ; Orienter la décision publique.
Temps	Echéances de réalisation imprévisibles	Echéances déterminées	Echéances de réalisation imprévisibles
Financement	Niveau d'investissement à mobiliser non déterminé au départ.	Budget fixé à l'avance	Financement essentiellement d'origine public.
Résultats	Des applications ou utilisations pratiques ne sont pas directement prévues ou déterminées a priori	Brevetable	Non brevetable en principe (finalité non commerciale) ; -Accessible à un large public (insertion naturelle des résultats dans le débat public)

Source : inspiré de [22] et [21].

Le paragraphe qui suit revisite le concept de performance en prélude à l'examen de ses dimensions et de sa mesure dans le domaine de la recherche à l'UCAD.

2.4 UNE RELECTURE DU CONCEPT DE PERFORMANCE

Le concept de performance ne fait pas encore l'objet d'un consensus dans la littérature en gestion. En analysant les écrits sur ce concept, [23] finit par retenir que la performance est un concept complexe et son contexte d'application influence sa définition. [24], dans un état de l'art réalisé sur la performance, a aussi attiré l'attention sur la polysémie du concept. Une polysémie qui se comprend lorsqu'on tient compte du caractère relatif de la notion. [25] relèvent que selon le type d'entreprise et les parties prenantes considérées, la performance peut renvoyer à des acceptions variables. A titre illustratif, [25] précisent que si pour le dirigeant la performance renvoie de prime abord à la rentabilité de l'activité, pour les employés, les actionnaires et les clients, la performance est respectivement mise en rapport avec les conditions de travail, les dividendes et la qualité des biens/services proposés par l'entreprise ou l'organisation. Dans le même élan, [23] précise que là où par exemple l'administrateur de l'Etat va s'intéresser à la performance en termes d'impacts sociaux, économiques et politiques, le gestionnaire au sein de l'organisation sera plus sensible aux questions d'efficience (mais aussi d'efficacité) dans l'utilisation des ressources et le haut dirigeant lui « à la mesure pondérée d'éléments organisationnels, stratégiques et politiques liant les capacités de l'organisation aux exigences de l'environnement » (p.88). C'est dire que la performance peut n'avoir de signification que pour celui qui y réfère dans son rapport avec l'organisation où il est partie prenante.

Il ressort des propos ci-dessus que la performance est une réalité subjective. Cette remarque tient davantage lorsqu'on convoque [25] pour qui la performance reste « une affaire de perception » ou [26] qui considèrent la performance comme un « jugement prononcé par les parties prenantes sur les activités, les produits, les résultats ou les effets d'une organisation. » à partir de leur système de valeur et de leur croyance. L'emprise du contexte dans lequel évolue celui qui s'exprime sur la performance ne saurait être éludée ou mise à l'écart sous peine de verser dans des interprétations biaisées ou aériennes. [27] fait remarquer que « Si l'objectif de la performance est d'apercevoir, d'exprimer, d'interpréter une « réalité », cette « réalité » devrait être encadrée dans un contexte déterminé. Sans ce contexte, la performance n'a aucun sens, puisqu'elle ne reflète pas la même chose dans un autre contexte avec d'autres principes et d'autres objectifs. » Cette idée et celles qui précèdent concordent avec l'opinion de [28]⁶ qui précise que la performance n'existe pas en soi, elle dépend des représentations de la réussite variables selon l'organisation considérée et les acteurs. Il s'agira, dans les prochaines lignes, d'analyser les

⁶ Citée par Spring, S., Martinez, I. et Vidal, O. (2013), La perception des professionnels du chiffre sur le concept de performance et sa mesure. *Comptabilité sans Frontières*. The French Connection, May 2013, *, Canada. pp.cd-rom, 2013

représentations que les enseignants chercheurs (dans le contexte spécifique de l'UCAD) se font de la performance dans leur domaine d'activité.

3 MÉTHODOLOGIE

Lorsqu'on veut appréhender les spécificités d'un phénomène, l'étude de cas demeure appropriée ([29]). Nous cherchons dans ce papier à analyser les discours des enseignants chercheurs sur la manière dont ils conçoivent la performance dans le cadre de leur activité. Alors, le choix de l'étude de cas peut être envisagé. Nous justifions dans ce qui suit les raisons qui président au choix de l'UCAD comme terrain empirique.

3.1 JUSTIFICATION DU CHOIX DE L'UCAD COMME TERRAIN EMPIRIQUE

Le Sénégal comprend cinq universités publiques. Il s'agit de l'UCAD, de l'UGB, de l'UT, de l'UADB et de l'UASZ. La phase empirique de cette étude se limite à l'UCAD pour les raisons suivantes :

- Du point de vue géographique, l'UCAD est un terrain plus accessible⁷ pour nous que les autres universités publiques du Sénégal situées toutes hors de la capitale (Dakar). Et, comme le relève [30], l'éloignement des sites dans une étude exploratoire (cette étude s'inscrit dans une démarche exploratoire) alourdit les difficultés pour le chercheur qui est appelé à diriger plusieurs séances d'entretiens et de collectes de données.
- La seconde raison qui justifie le choix de l'UCAD comme champ d'étude tient, sans forcer le trait, au fait que l'essentiel de la recherche universitaire au Sénégal se fait dans cette institution. Cette dernière représente près de 60%⁸ de la production scientifique du Sénégal. En outre, l'institution accueille dans ses formations doctorales et unités de recherche les doctorants des autres universités publiques sénégalaises.

3.2 MODE D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE COLLECTE DES DONNÉES

Nous avons abondé dans le sens de [31] et [32] qui sont d'avis que dans le genre étude de cas, où on ne cherche pas à atteindre des résultats généralisables, l'échantillon tend à être orienté plutôt que choisi de manière aléatoire. Fort de cette considération, nous avons privilégié un échantillon de convenance. Au total, 04 enseignants chercheurs, affiliés à des laboratoires identifiables sur la base de données de la Direction de la recherche de l'UCAD, ont accepté de prendre part à des séances d'entrevues en profondeur.

Ces entretiens sont réalisés à l'aide d'un guide d'entretien semi directif. Les questions qui structurent le guide visaient à recueillir des informations générales sur les répondants (grade, domaine scientifique, expérience etc.) et des informations plus détaillées sur leurs activités de recherche, les objectifs qu'ils poursuivent dans ses activités, les réalisations enregistrées dans la recherche, leurs perceptions (jugements) sur ces réalisations, les enjeux, défis et contraintes qui se présentent à ces enseignants-chercheurs et les actions de réponses qu'ils déploient etc. En fonction des réponses livrées par le répondant lors des interviews, l'opportunité de placer des questions d'investigations en vue de cerner tous les aspects de l'objet d'étude était judicieusement exploitée.

Pour chaque question abordée auprès des enquêtés, nous avons visé la saturation empirique. La décision de conclure chaque entrevue était retenue lorsque celle-ci ne révélait plus des informations significatives par rapport au sujet ici traité. Précisons qu'en marge des entrevues, nous avons recouru à l'observation non participante pour enrichir les données primaires recueillies.

⁷ Notre résidence se situe à quelques 9 KM de l'UCAD.

⁸ Plan Stratégique de l'UCAD (2011-2016)

Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des enquêtés

Code	Domaine scientifique	Centre d'intérêt	Expériences (nombre d'années)	Grade	Responsabilités Particulières
EC1	Sciences de la vie	-Les anomalies du sperme ; -Dépistage du cancer du col de l'utérus.	24	MA	Responsable adjoint du laboratoire d'appartenance.
EC2	Sciences sociales	-Dynamique territoriale -Géographie scolaire	10	MA	Coordonnateur au laboratoire d'appartenance.
EC3	Sciences de la matière	Elaboration et caractérisation des matériaux	37	Pr	Responsable de laboratoire
EC4	Sciences logico-formelles	Algèbre et géométrie	30	Pr.	Directeur Ecole Doctorale Responsable de laboratoire.

Dans le tableau ci-dessus, l'anonymat est préservé en substituant le nom de la personne interviewée par EC (lire Enseignant-Chercheur) suivi d'un numéro précisant sa position dans l'ordre de succession pendant la collecte des données. Il ressort du tableau ci-dessus que les responsables enquêtés n'ont pas les mêmes caractéristiques du point de vue du domaine de recherche, du grade, de l'expérience, du centre d'intérêt et des responsabilités qu'ils exercent à l'UCAD.

Toutes les données orales recueillies au niveau de l'échantillon ont été retranscrites et exploitées à l'aide du logiciel Tropes V.8.4.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 L'ACTIVITÉ DES ENSEIGNANTS CHERCHEURS SOUS LA LOUPE DE L'ANALYSE QUALI

Lors des entretiens, où l'une des questions amorces visait à cerner ce que font les enquêtés en matière de recherche, les phrases clés suivantes se sont dégagées :

- « *Je suis dans le fondamental* » EC1 ;
- « *Je réfléchis sur les fondamentaux conceptuels, philosophiques, contemplatifs etc.* ».EC2
- « *Dans mon domaine y a les aspects fondamentaux y a aussi la recherche de solutions aux problèmes sociétaux* » EC3
- « *Je fais de l'algèbre fondamentale, de la géométrie algébrique et de la didactique mathématique* » EC4

[33] insistent sur la nécessité de tenir compte des écarts possibles entre le discours et la réalité lors des entretiens. Pour réduire ces écarts dans les réponses des enquêtés, il convient de multiplier les sources d'évidence ([34]). Cette précaution observée, on s'est retrouvé avec des données suffisamment détaillées qui méritent une analyse au cas par cas.

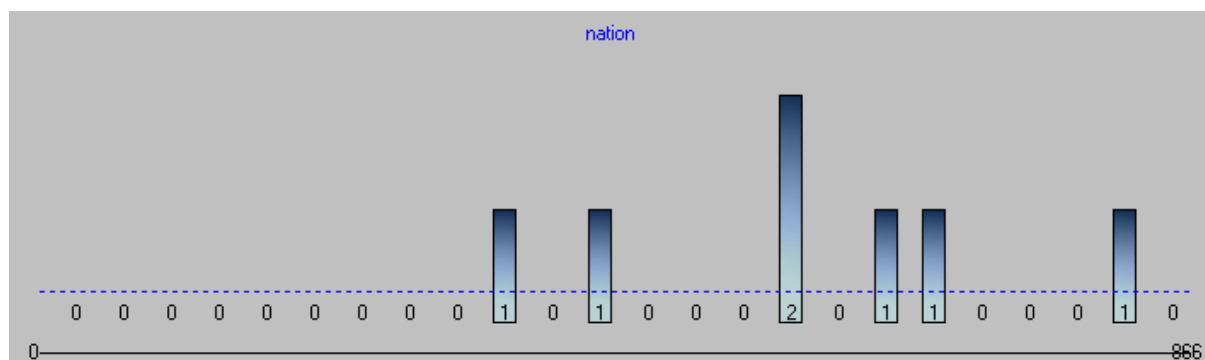
CAS DE L'ENQUÊTÉ « EC1 »

« *Vous savez, on n'est pas poète. On essaye de faire des choses utiles. Je suis médecin, chaque jour je dois soigner des gens pour qu'il soit guéri, actif et productif. Je dois recueillir des données pour induire des changements de comportements qui seront bénéfiques pour la population* ». EC1

Dans ce verbatim, la recherche chez EC1 à un caractère non réductible à la recherche fondamentale pure guidée par le principe selon lequel « la science est désintéressée » ([35], p.478). Contrairement à ce que laissait croire EC1 dans la phrase-clé ci-avant, on retrouve, dans le verbatim ci-dessus, des indices de la recherche « orientée⁹. » Parmi les marqueurs qui

⁹ Le terme RO est consacré dans la littérature et il abrite différents profils de recherche [21]. A partir de ce moment, une conclusion du genre telle activité relève de la « RO » à un statut partiel. La réflexion la plus achevée est celle qui précise le type dont relève l'activité étudiée dans la catégorie « RO ».

autorisent cette inférence figure l'emploi métaphorique de poète dans le verbatim, un indice qui ne laisse pas indifférent. [36] rappellent que les métaphores sont des indices porteurs de sens significatif dans le matériau. En l'espèce, sa présence dans le corpus est l'expression d'une utilité « extrascientifique » par opposition à la poésie rhétorique qui n'aurait qu'un intérêt limité. L'utilité « extrascientifique » de la recherche chez EC1 a pour récipiendaire principale les citoyens, la population (cf. phrase clé supra). Une analyse lexicale réalisée à l'aide du logiciel Tropes fait apparaître, sur un diagramme de répartition (cf. ci-après), l'occurrence de cette cible récipiendaire dans tout le matériau recueilli chez EC1.



Graphe 1. Diagramme de répartition

Source : données d'enquêtes.

Cet histogramme procède d'un regroupement, par le logiciel, des données du matériau qui apparaissent avec une certaine fréquence et dont la signification est voisine de « nation ». Nous avons repris au pied de la lettre le concept « nation » proposé par le logiciel dans la construction de l'histogramme et qui renvoie au citoyen identifié précédemment comme le récipiendaire principal de la recherche chez EC1. L'on s'aperçoit que la référence « nation » (le terme « référence » est le nom consacré dans le guide d'utilisation du logiciel pour désigner les occurrences) est plus présente dans la dernière partie du matériau (voir l'histogramme ci-dessus). Ce constat est révélateur lorsqu'on se fie aux travaux de [37] qui, fort de ses expériences dans la conduite de l'entretien, précise que les informations livrées par les enquêtés en dernier lieu lors des entretiens qualitatifs sont en général très importantes de leur point de vue. Partant, dans l'activité de recherche chez EC1, la collectivité ou les citoyens représentés par la référence « nation » (qui a une connotation plus générique) n'est point une référence à la marge. Sous ce rapport, l'activité de EC1 se rapproche de la recherche à utilité sociale (une forme particulière dans la catégorie des recherches dites orientées). [22] indique que l'une des marques de ce type de recherche est qu'elle privilégie l'intérêt de la masse, de la société sur les considérations commerciales des résultats de la recherche.

Lorsqu'on se penche sur les réalisations capitalisées en rapport avec les finalités visées dans la recherche chez EC1, les données recueillies appuient les inférences ci-dessus.

« Dans ce que je fais y a beaucoup d'aspects qui se terminent par un conseil pour la population. Je vous donne un exemple concret. Sur fonds propres et sans l'aide de personne j'ai fait démultiplier un dépliant (une première fois en 4000 exemplaires et une seconde fois en 15000 exemplaires) pour sensibiliser, expliquer aux femmes la manière d'observer leur corps pour détecter tôt le cancer du sein ou le cancer de l'utérus. » EC1.

De cet extrait tiré des retranscriptions, c'est la population (la société) qui constitue le principal « récipiendaire » des retombées de la recherche. L'analyse des données discursives tient compte des types d'adverbes qui figurent dans le matériau ([38]). En l'espèce, la modalisation d'intensité présente dans le verbatim dénote une recherche très orientée vers la diffusion d'informations sous forme de conseils (informations en rapport avec les questions de santé, les techniques de dépistage du cancer du col de l'utérus). Ainsi, l'activité de C1 va au-delà du type « fondamental pur » arrimé à des enjeux nomothétiques tout simplement.

CAS DE L'ENQUÊTÉ EC2

« Un des objectifs poursuivis c'est la carrière. Pour avancer dans ma carrière universitaire faut que je fasse de la recherche. Je fais de la recherche aussi pour améliorer les choses ».

L'ordre lexical (terme emprunté à [39]) dans ce verbatim est révélateur de deux choses.

Si l'on considère les deux premiers énoncés lexicaux centrés sur la carrière, ils renforcent la déclaration antérieure où l'enquête affirmait faire de la recherche fondamentale : « *je réfléchis sur les fondamentaux conceptuels, philosophiques, contemplatifs etc.* ».

En effet, abordé la question de la carrière dans la recherche à l'UCAD (voir verbatim ci-avant), c'est prêté attention à l'évaluation qui relève des pairs (donc d'une commission représentative de la communauté scientifique) dans le cadre du CAMES¹⁰. La répétition du mot 'carrière' dans le verbatim révèle, en filigrane, l'importance de la communauté scientifique qui, par le mécanisme de l'évaluation, détermine l'avancement des chercheurs et enseignants-chercheurs dans la pyramide des grades.

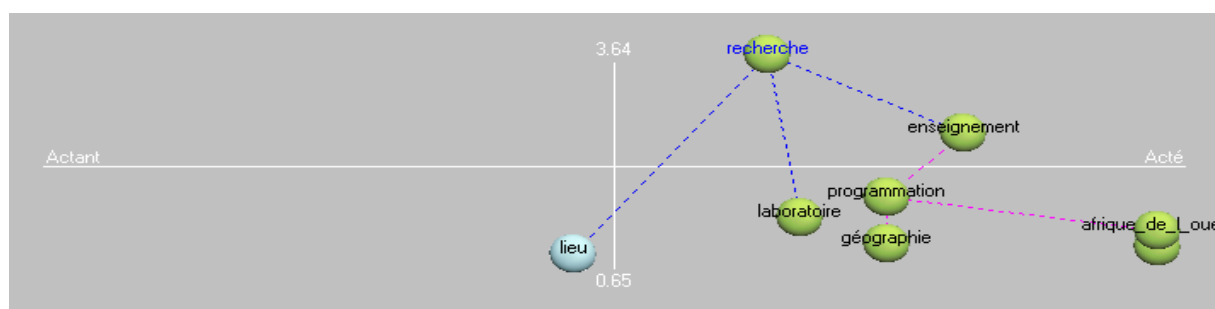
Les réflexions de [40] (qui a comparé les formes de recherche selon le public ciblé), couplées à la remarque précédente sur la place accordée à la communauté scientifique telle que cela ressort dans le matériau, corroborent l'ancrage de EC2 dans la recherche fondamentale. Comme le précise [40] : « *Recherche fondamentale et expertise sont les deux domaines qui ont le public le mieux identifié. Dans le premier cas, il s'agit de la communauté scientifique dans son ensemble ; dans le second cas, ce sont les pouvoirs publics, une organisation internationale ou une entreprise privée.* » (p. 6).

Quant au second énoncé lexical qui termine le verbatim supra, il est révélateur, sous le sceau du connecteur linguistique « aussi », de la présence d'un thème distinctif qui rend inopérant un confinement de l'activité de EC2 dans la catégorie « fondamentale pure ». Celle-ci, rappelons-le, vise l'avancement des connaissances sans objectifs d'application. A ce sujet, la question d'implication au sens de [41] (qui fait suite aux réponses du répondant) demandait à l'enquête de revenir sur l'idée « améliorer les choses » évoqué à la fin du verbatim supra. Là-dessus, les données recueillies sont révélatrices :

« *Depuis ma thèse, les articles que j'ai faits c'est toujours des articles qui vont dans le sens d'éveiller, de sensibiliser les enseignants sur la nécessité de repenser les contenus des cours en géographie. Le programme de géographie tel qu'il est enseigné au Sénégal s'appuie sur des référentiels et des conceptions qui ne s'inspirent pas forcément des valeurs et réalités sénégalaises. Il faudrait que l'enseignant, le concepteur de programme en soit conscient.* » EC2

On s'aperçoit dans ce verbatim que la finalité de la recherche dans le cas de EC2 dépasse l'objectif de compréhension ou de construction d'une théorie sur l'objet analysé (prétendument défendu par l'enquête antérieurement). Il s'agit d'une recherche arrimée sur des préoccupations de changements portées par une prise de conscience du besoin d'adapter le contenu des programmes en géographie au Sénégal. Ce qui n'est pas sans rappeler la recherche dite « orientée » dont on sait qu'elle se projette sur les problèmes qui se posent dans la vie des sociétés afin d'apporter des réponses.

Chez EC2, le lien entre la recherche et la volonté de transformer les contenus des enseignements dans les programmes actuels de formation est davantage visible dans le graphe 2 ci-après.



Graphe 2. Relations entre références repérées par Tropes (corpus EC2)

Source : données d'enquêtes.

¹⁰ Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur.

Le graphe ci-dessus montre les entrelacs entre les trois références que sont la recherche, l'enseignement de la géographie (le contenu des programmes) et le contexte considéré (représenté par la référence « lieu » dans le schéma). Ces trois éléments, qui ont pour occurrence (25), (11) et (11) (respectivement), enregistrent d'ailleurs les plus fortes fréquences dans le matériau recueilli auprès d'EC2. La recherche au niveau d'EC2 se veut ainsi un vecteur qui contribue au renouvellement des connaissances dans l'enseignement de la géographie. C'est le sens à donner aux entrelacs matérialisés par les liens entre les trois références du graphe ci-dessus.

CAS DE L'ENQUÊTE EC3

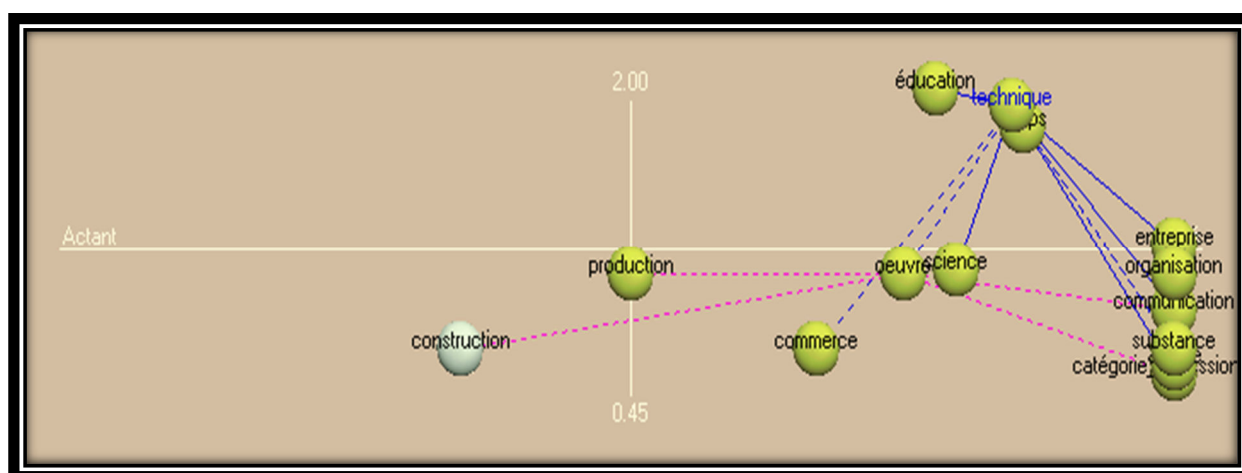
« Nos objectifs concernent les possibilités d'innover aussi bien dans les produits potentiels que dans les procédés de fabrication que ça soit artisanal ou industriel. Et quand on parle de procédé artisanal on s'intéresse à la question de savoir comment nos tisserands, nos forgerons travaillent. Il y a dans ces domaines des savoirs indigènes que nous devons puiser. Une réflexion sur les pratiques des communautés de métiers » EC3

La répétition d'une idée dans le corpus signale la présence d'un thème [36]. En l'espèce, le verbatim ci-dessus révèle qu'EC3 consacre une certaine place à l'analyse des procédés de fabrication.

Pendant le déroulement de l'entretien, la présence de différents objets exposés sur le bureau de l'enquêté ne nous a pas laissé indifférents. Ces objets, ainsi repérés par observation flottante (cette technique de collecte ne nécessite pas une grille d'observation systématique ([42])), se distinguaient par leurs composés très indigènes : écorce de baobab, calebasse, noix de coco pour ne citer que ces matériaux. Ces constats ont suscité la question de leur rapport avec la recherche conduite chez EC3. Là-dessus, EC3 clarifie :

« Ce que vous avez là, par exemple, c'est une petite calebasse qui a été coupée en deux, une coloquinte qui est utilisée comme réceptacle pour faire de la bougie à partir de cire coloré avec des pigments naturels et parfumer avec des huiles essentielles. L'autre illustration que je vous donne c'est avec les écorces de baobab. Parmi les propriétés du baobab découvertes à partir de l'observation, il ressort que le baobab lorsqu'il est écorcé, il développe encore beaucoup plus d'écorce et il devient plus vigoureux. Nous utilisons cette écorce pour faire du papier. Il faudrait, compte tenu de nos spécificités, réfléchir sur des problématiques en phase avec nos préoccupations. Nos activités de sciences des matériaux utilisent des corps tels que l'argile, la poterie ou utilisent du bois, des verres pour produire un certain nombre de choses ».

Le graphe des relations construites avec l'ensemble des données du corpus fait apparaître des liens forts entre la connaissance (capitalisée sur la recherche fondamentale en sciences des matériaux) et les techniques, applications et procédés développés dans les travaux d'EC3(cf. graphe 3).



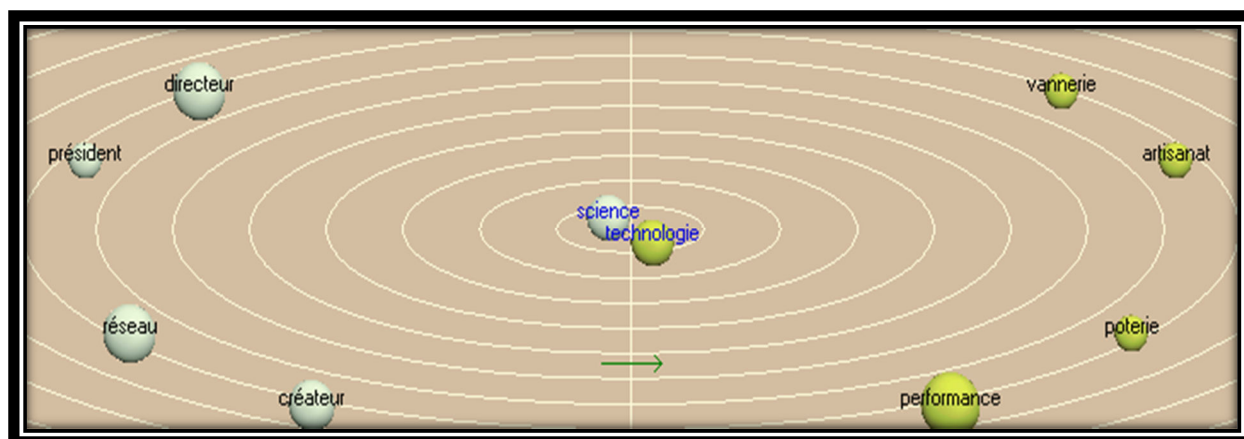
Graph 3. Références en relation repérées par Tropes (corpus EC3)

Source : données d'enquête

Dans ce type de graphique, les traits pleins symbolisent une relation très fréquente entre les références. Il en est ainsi entre les références « science » et « technique ». L'idée selon laquelle l'application procède d'un transfert des connaissances de la

science pure dans le domaine de la technique est matérialisée dans le schéma par le cordon en trait plein entre les variables « sciences » et « techniques » (pour rappel, les éléments représentés par des sphères dans le schéma correspondent à des références ou variables dans le langage du logiciel).

Le graphe ci-dessous montre, sur un meilleur plan, la densité des relations entre la science pure et la science appliquée (dont le transfert de technologie en est une cristallisation). La proximité des deux variables au centre traduit l'importance des relations qu'elles entretiennent.



Graphe 4. Positions des références dans l'espace du matériau (corpus EC3)

Source : données d'enquête.

Les variables de gauche renseignent sur l'expérience de l'enquête (ce dernier capitalise 37 années dans la recherche, cf. tableau 3) et le dynamisme de ces collaborations (il est membre dans un réseau de chercheurs en sciences et technologie dans les domaines du laser et des nanosciences). Cette expérience pratique (variables de gauche du schéma) est mise à profit dans la conduite de la recherche dans ces deux aspects fondamental et appliqué. Les aspects fondamental et appliqué sont respectivement incarnés par les variables « science » et « technologie » situées au centre du graphe.

Dans les variables de droite apparaissent les domaines que la recherche chez EC3 investit pour améliorer les méthodes de production (optimiser la performance des procédés) et la qualité des produits. Là aussi, rappelons que dans l'interprétation graphique, les variables à droite sont considérées comme les successeurs de la variable centrale.

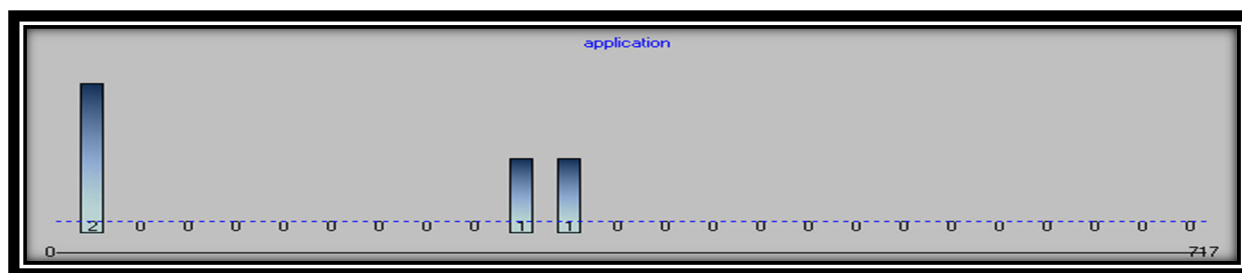
Lorsqu'on tient compte de ces développements sur l'activité de EC3, on en conclut que celle-ci a une portée transversale (elle est dans le fondamental et l'appliqué).

CAS DE L'ENQUÊTE EC4

Le verbatim suivant renseigne sur la place des mathématiques pures (notamment de la didactique des mathématiques) dans l'activité d'EC4.

« Les math c'est une langue qui a ses mots, sa grammaire et sa syntaxe. Une langue on l'apprend, on la développe. Nous avons un axe dans le labo qui traite de la didactique des mathématiques, l'objet c'est de renforcer le langage des maths, d'affiner sa grammaire (...) »

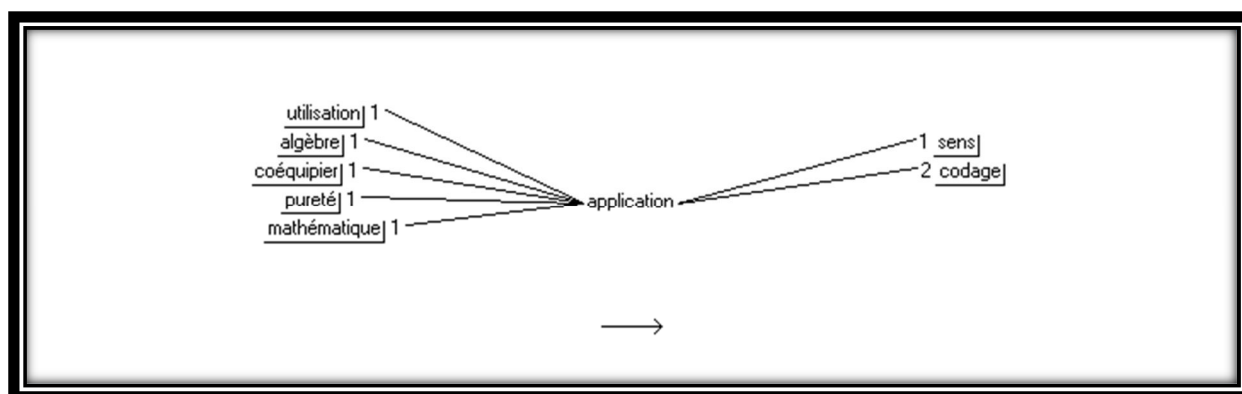
Là où ce verbatim montre la place centrale des mathématiques « pures » dans l'activité de EC4, l'analyse lexicale montre que la référence « application » (catégorie regroupant les indices se référant à la recherche appliquée dans le corpus) reste relativement pauvre dans le matériau. L'histogramme suivant indique la fréquence et les zones d'apparition de cette variable sur l'ensemble des données collectées auprès d'EC4.



Graph 5. Diagramme de répartition généré par Tropes (corpus EC4)

Source : données d'enquête.

Cette représentation construite en tenant compte de l'ensemble des données d'enquêtes montre que la variable « application », qui apparaît uniquement au début et au milieu du corpus, n'est pas très représentative dans le matériau. Les relations entre cette variable et les autres éléments du matériau sont indiquées dans le schéma ci-dessous. L'on découvre à ce niveau que le codage est le champ applicatif des savoirs capitalisés chez EC4 (cf. graphe 6)



Graph 6. Graphe étoilé généré par Tropes (corpus EC4)

Source : Données d'enquête

Dans ce type de graphe, les relations entre éléments sont d'autant plus importantes que les nombres figurant à l'extrémité des cordons sont élevés. Il en est ainsi des liens entre les variables « application » et « codage ».

En examinant les objectifs poursuivis par EC4, dans le cadre de la recherche, l'on s'aperçoit que les enjeux applicatifs se situent à l'échelle nationale. Les questions de progrès, de développement n'y font pas piètre figure.

« Mes objectifs c'est :

- De développer une recherche nationale endogène
- Mettre en place une bonne équipe de recherche de manière que les thèmes de recherche soient élaborés par nous-mêmes (les membres de l'équipes) et orientés vers les préoccupations de développement de notre pays ». EC4

Les questions d'approfondissements ont permis d'en comprendre davantage sur le lien entre la recherche dans le cas de EC4 et les questions de développement auxquels fait allusion le verbatim ci-dessus. Les données recueillies en conséquence révèlent qu'il s'agit d'un lien plutôt indirect reposant fondamentalement sur un mécanisme de transfert de connaissances au profit de secteurs vitaux tels que l'énergie et le financement. Ces deux secteurs, loin de relever d'une mention gratuite, émerge

de manière métonymique à travers les deux structures (que sont la SENELEC¹¹ et les BANQUES) ci-dessous évoquées par l'enquêté.

« Les étudiants que j'ai encadrés sont à la SENELEC, d'autres sont dans les BANQUES. Nous avons aussi beaucoup de nationalités étrangères notamment des congolais. Certains sont très bien placés et d'autres s'occupent de la sécurité de l'information dans leur pays ». EC4

Le premier énoncé du verbatim ci-dessus rappelle l'idée de [43]. Ces derniers voient dans les diplômés de troisième cycle des chercheurs en herbe produits par le système de la recherche universitaire pour le compte de la société. Pour ces auteurs, ces chercheurs en herbe, nouvellement formés, représentent un vecteur de transfert des connaissances vers le monde professionnel.

Profiter des occasions d'observations qu'offrent les circonstances lors des enquêtes procède de l'opportunisme méthodique ([44]). Dans la dynamique de l'entretien, l'enquêté, d'un geste lapidaire, a convoqué un texte faisant référence à des réformes envisagées par l'Etat en rapport avec le domaine de la cryptographie. C'est le point de vue émis par l'enquêté sur le texte (et moins le contenu du passage qui en est témoin) que nous avons finalement « griffonné ».

« Voyez, l'Etat veut maintenant former des ressources humaines de qualité en crypto. Nous, nous n'avons pas attendu aujourd'hui pour se rendre compte que c'est un domaine dans lequel on ne doit pas être en reste » EC4.

Les données recueillies sur des sources¹²secondaires relatives à la presse en ligne à des fins de triangulation empirique ont permis de circonscrire les tenants et les aboutissants de ces réformes évoquées par l'enquêté. Ces sources indiquent qu'il s'agit d'une loi votée par le parlement sénégalais afin de rendre le Service Technique Central des Chiffres et de la Sécurité des Systèmes d'Information (STCC-SSI) du Sénégal plus performant.

Sur ces considérations, l'on s'aperçoit que la recherche dans le cas d'EC4 est doublement sollicitée. En effet, sécuriser de manière optimale les systèmes d'information nationaux (tel qu'exprimé ci-dessus) passe par des algorithmes de cryptographies fiables (pan de la recherche application). Quant au relèvement de la formation qui mettrait les ressources humaines au diapason des pratiques de l'heure, il nécessite, entre autres, de ne pas être en retard sur les nouvelles connaissances établies dans le domaine (volet recherche fondamentale).

Ces derniers développements et ceux qui les précèdent montrent que l'activité chez EC4 transcende les considérations d'ordre nomothétiques. Son activité s'identifie au profil de la recherche pure (dont l'un des axes dominants est la didactique des mathématiques) orientée vers l'appliqué (l'utilisation des connaissances en mathématiques fondamentales dans le domaine du codage et de la cryptographie).

4.2 LA PERFORMANCE DANS LE DOMAINE DE LA RECHERCHE

4.2.1 CAS D'EC1 ET EC2

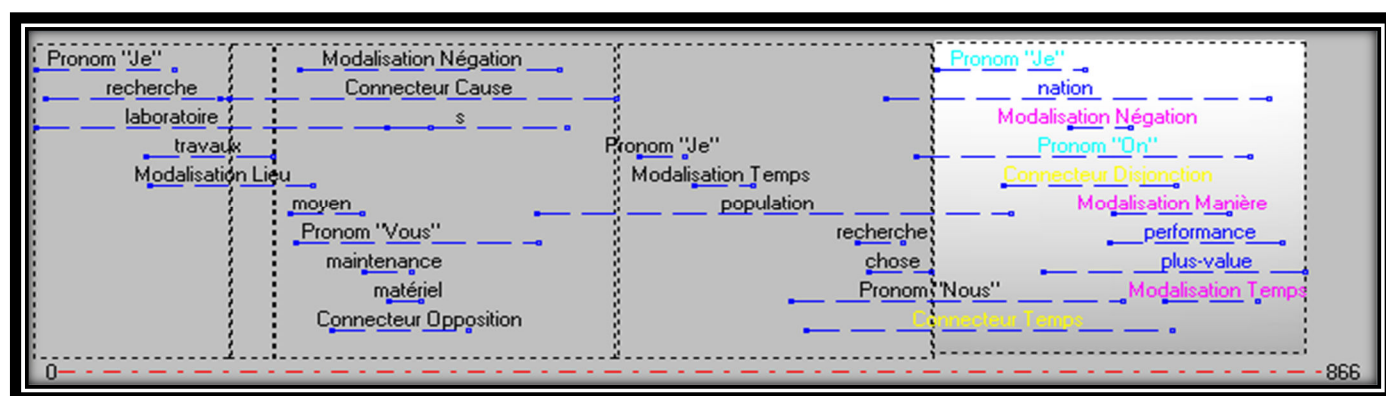
L'activité de EC1 et celle de EC2 ont en commun le fait qu'elles relèvent de la recherche à utilité sociale (cf. développements supra).

4.2.1.1 LE DESIGN DE LA PERFORMANCE CHEZ EC1

Dans le cas d'EC1, 5 épisodes ont été identifiés à l'aide du logiciel Tropes. Les épisodes sont des blocs de données argumentatifs. La performance apparaît dans le dernier épisode (voir schéma ci-dessous où chaque cadre en pointillé représente un épisode).

¹¹ Société Nationale d'Electricité du Sénégal.

¹² www.aps.sn; www.lesoleil.sn; www.osiris.sn; ces sites ont été consultés le 02/03/2015



Graphe 7. Episodes générés par Tropes (corpus EC1)

Source : données d'enquête.

Au regard du graphe, nous pouvons relever la dimension intégratrice ou « multi-acteurs » de la variable performance. Les rafales « je », « on » et « nation » correspondent en effet à trois cibles différentes dont la présence marque l'attention (la longueur des lignes en tiret indique l'étendue, l'importance de chaque rafale dans l'épisode). Lorsqu'on s'arrête sur les deux premières rafales (représentées par les déictiques « Je » et « on »), le caractère englobant de la performance ressort assez nettement. Les catégories « gens » et « fonctionnaires » identifiées par Tropes comme deux classes d'équivalents sont respectivement associées aux déictiques « Je » et « On ». Les références dans le corpus qui supportent chacune de ces classes d'équivalents sont renseignées ci-dessous.

Tableau 4. Déictiques, catégories et références révélateurs d'enjeux (corpus EC1)

Déictiques	Classes d'équivalents associées aux déictiques	Références clés du matériau qui donnent sens aux classes d'équivalents
Je	GENS	Population,
		Individu
		Femme
On	VISION	Etudiant
		Pays

Source : données d'enquête.

En rapport avec les cibles (références) identifiables dans le tableau ci-dessus, le triangle de la performance au niveau du matériau empirique réunit trois détenteurs d'enjeux. L'emplacement de chaque détenteur d'enjeu sur le triangle dépend de son statut dans le matériau. La cible qui fait l'objet de plus d'attention d'après les données est située au sommet. La base du triangle est réservée aux autres références. La performance, selon [23] Voyer (2011), c'est aussi une question de référentiel.

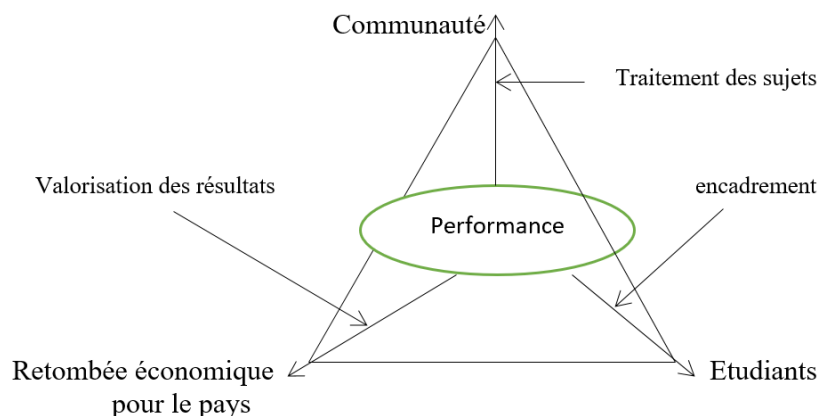


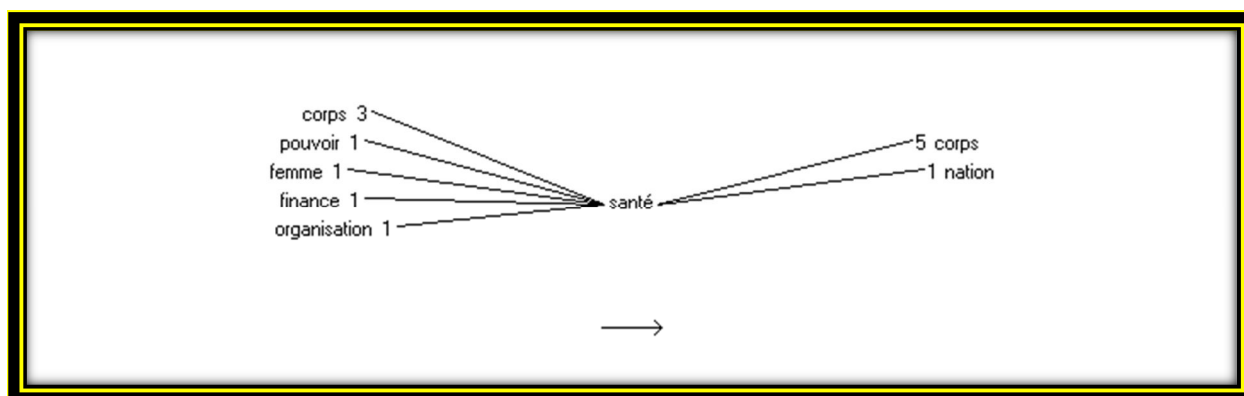
Schéma 1. Triangle des référentiels de la performance (corpus EC1)

Source : données d'enquête

LES SERVICES À LA COMMUNAUTÉ

Les indices population, individu, femme figurant dans l'épisode contenant la variable performance (cf. graphe 7) renvoient à la communauté. En rapport avec cette cible, située au sommet du triangle en raison de son importance dans le matériau, l'un des enjeux est de satisfaire la demande de traitement des personnes atteintes de maladies¹³ liées aux anomalies du sperme ou au cancer du col de l'utérus.

L'environnement de la référence « santé » (cf. graphe ci-dessous) laisse constater que les questions traitées dans l'activité d'EC1visent, pour une large part, le segment des femmes. Les efforts sont particulièrement orientés vers le conseil. L'un des objectifs est de sensibiliser ce segment sur les techniques d'observation du corps en vue d'un dépistage précoce du cancer du col de l'utérus. Ce n'est pas un artéfact si les fréquences de cooccurrences les plus élevées s'observent entre les références « santé » et « corps » (voir graphe).



Graphe 8. Graphe étoilé généré par Tropes (corpus EC1)

Source : données d'enquête.

¹³ Ces maladies font partie des centres d'intérêt de l'activité de recherche de EC3

En rapport avec la cible « étudiant », nous retrouvons la vision de [45] sur le sens de la performance. En se référant à l'acception de [45], l'encadrement d'étudiants jusqu'à la soutenance de leur mémoire (en Master de recherche ou en Doctorat) est interprétée comme une performance. En effet, pour ces auteurs, qui se sont inspirés de [46], la performance c'est aussi la contribution à la réalisation d'un résultat par autrui. En l'espèce, chaque soutenance est l'aboutissement d'un investissement de l'étudiant mais aussi de son encadreur, tous les deux sont astreints à des obligations définies par la charte des thèses¹⁴. Selon [45], considérer la performance en termes seulement de résultat atteint par X (en l'espèce l'obtention du doctorat par l'étudiant) relève d'une approche étriquée en ce sens qu'on occulte le rôle, les efforts, les contributions des individus (les orientations et le rôle de coaching de l'encadreur rentrent ici) qui ont aussi participé à la réalisation de ce résultat. Cette inférence vaut également lorsqu'on convoque la chaîne des résultats multiples de [47]. Ce dernier attire l'attention sur l'intérêt de n'occulter aucune composante dans l'analyse d'un résultat obtenu au terme d'un processus.

Les actes spontanés sont des indices que l'analyse qualitative ne laisse pas passer. Sans l'avoir demandé, l'enquête n'a pas hésité à nous montrer des mémoires disposés sur sa table de bureau qu'il a encadrés.

« J'ai au moins vingt ans d'expériences dans la recherche. Le travail fait ici est « immortalisé » sous forme de thèse, de doctorat de médecine ou de biologie, d'articles (...). Vous avez là huit (08) mémoires d'étudiants que j'ai encadrés et qui ont soutenu tous cette année ». EC1

Dans cette déclaration, les indicateurs paraverbaux (en particulier l'élan verbal) manifestent un contentement, une fierté qui rappelle la dimension succès de la performance.

Deux de ces mémoires, que nous avons scrutés par « observation au vol » (terme emprunté à [48]), ont porté sur l'échographie testiculaire (pour l'un) et les anomalies chromosomiques (pour l'autre).

ET DES RETOMBÉES FINANCIÈRES

En rapport avec ce dernier volet, l'enjeu s'apprécie en rapport avec l'impact des résultats de la recherche qui profiterait à l'industrie pharmaceutique et à l'économie nationale donc au pays. Lorsqu'on s'en fie aux travaux de [49], une industrie pharmaceutique dynamique (soutenue par la recherche) constitue un véritable enjeu dans un contexte où la croissance démographique et le développement des classes moyennes des pays émergents vont constituer un relai de croissance pour l'industrie du médicament.

« Quand j'ai un sujet, la plus petite erreur c'est d'énormes conséquences en chaîne. Pour vous donner un exemple, si c'est une erreur de diagnostic, c'est le malade qui est dans ce cas directement exposé. Si c'est une erreur de prescription, c'est des dépenses en médicaments inopportunes qu'on fait supporter au sujet malade. Et, je ne vous apprend rien, la majorité des sénégalais juge déjà les produits des officines très chers et n'hésite pas à privilégier le circuit des médicaments traditionnels...Alors que sans ces officines, on est limité dans nos interventions médicales. Du côté de l'Etat, l'activité de ces officines constituent une véritable base taxable, ce sera d'importantes pertes d'imposition » EC1

Les développements ci-dessus montrent que les enjeux liés à la performance sont économiques (une industrie pharmaceutique dynamique c'est des emplois et des rentrées fiscales pour le pays), scientifiques (il s'agit de satisfaire la demande de formation à la recherche des étudiants) et thérapeutiques (satisfaire la demande de traitement des anomalies du sperme et du cancer du col de l'utérus).

La performance n'existe que si elle est mesurable ([50]). En rapport avec cette préoccupation, la collecte de données a cherché à débusquer les indicateurs de performance considérés comme pertinents dans l'activité d'EC1.

« Dans les indicateurs il y a le nombre d'étudiants formés ; le nombre de publications scientifiques, il faut proposer la meilleure qualité possible, pour avancer dans la hiérarchie. Et là, la dimension qualité peut s'apprécier en s'intéressant aux résultats qui débouchent sur des applications qu'on peut valoriser à l'échelle industrielle ». EC1

Au regard des éléments qui apparaissent dans le verbatim ci-dessus, un certain nombre d'observations forcent l'attention :

¹⁴ Cette charte « définit les droits et les devoirs respectifs du doctorant d'une part, de son directeur de thèse ainsi que des structures d'accueil d'autre part, en rappelant la déontologie qui inspire les dispositions réglementaires en vigueur dans le respect de la diversité des disciplines, des établissements et des coutumes ou lois nationales. »

- D'abord ce qui frappe c'est le caractère volumique des premiers indicateurs cités spontanément par le répondant. Cette observation est à mettre en lien avec l'idée de [51] sur la dimension cognitive de l'indicateur. Cette idée stipule que le choix d'un indicateur résulte d'un jugement subjectif, d'une croyance en sa pertinence pour mesurer les résultats atteints ou le déroulement des actions. Dans le cas d'espèce, à la faveur d'une réécoute des retranscriptions sonores, nous avons relevé que la pertinence des indicateurs volumiques cités par EC1 (le nombre d'étudiants formés apparaît au premier rang dans ces indicateurs) est arrimée à la conviction que les chances d'avoir des chercheurs qui trouvent sont élevées lorsqu'on dispose d'une masse critique de chercheurs.

« Le défi c'est de faire de la recherche qui débouche sur des découvertes majeures, sur de l'innovation. Pour ça il nous faut avoir une certaine quantité de chercheur. Il nous faut un certain nombre de gens bien formés pour tomber sur un génie. » (EC1)

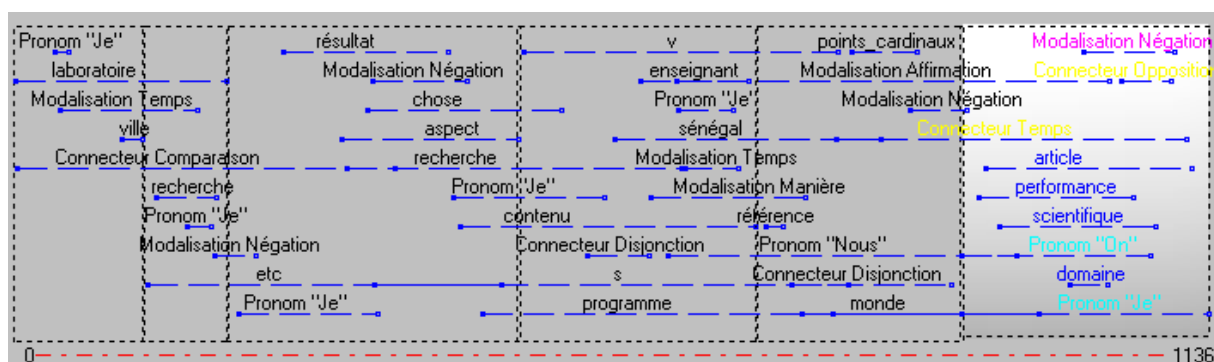
- La seconde observation rejoint la remarque de [52] qui ont relevé que dans la définition des indicateurs, le risque de privilégier certaines dimensions de la performance sur d'autres est toujours présent. Les auteurs précisent que parfois certains indicateurs sont retenus (privilégiés) à des fins opportunistes. A ce propos, nous pouvons noter que les indicateurs cités par EC1 sont centrés sur des aspects étroitement liés à l'avancement dans la carrière¹⁵ (donc en rapport avec l'encadrement et les publications, cf. verbatim).

Les données collectées auprès d'EC1 révèlent également que la performance, sur certains aspects, reste difficilement mesurable pour ne pas dire complexe à déterminer.

« Dans l'axe sur le dépistage du cancer, l'objectif c'est de faire baisser les mortalités. Finalement quel sera le résultat dans 10 voire 20 ans : nous aurons moins d'orphelins, un noyau familial intact et quand les enfants de ces familles deviendront avocat ou des fonctionnaires moi je n'apparais pas et pourtant mes travaux ont permis d'arriver à ce stade ». EC1

4.2.1.2 LE DESIGN DE LA PERFORMANCE CHEZ EC2

Comme fait avec EC1, les données recueillies auprès d'EC2 ont été examinées en vue de caractériser la performance dans son domaine de recherche. Là aussi, l'élément clé de l'analyse reste le graphe des épisodes. 6 épisodes ont été identifiés (voir ci-après).



Graphique 9. Episodes générés avec Tropes (corpus EC2)

Source : données d'enquête.

Dans le dernier épisode où figure la variable performance, la curiosité commande que l'on interroge l'univers des déictiques « je » et « on » (comme ce fut fait avec EC1) en vue d'avoir un aperçu des acteurs ou cibles associés à la référence

¹⁵ Qui dit carrière dans la recherche universitaire fait allusion aux « pairs » qui sont habilités à évaluer la recherche. Cette remarque complète la dimension multi-acteur de la performance abordée dans les développements en rapport avec l'activité d'EC3.

« performance » dans le cas de EC2. En effet, plus que le thème en soi, c'est les éléments qui lui sont associés qui fournissent de la matière pour l'analyse. Le tableau suivant rend le dictionnaire articulant les déictiques aux classes d'équivalents et références à partir desquelles ressort la dimension multi acteurs de la performance.

Tableau 5. Déictiques, catégories et références révélateurs d'enjeux (corpus EC2).

Déictiques	Classes d'équivalents associées aux déictiques	Références clés du matériau qui donnent sens aux classes d'équivalents
JE	PAIRS	Universitaires
		Statut
ON	AUTORITES	Sénégal
		Subvention
		Ville
	Concepteur	Créateur
		Contenu

Source : données d'enquête.

Trois cibles apparaissent dans le tableau ci-dessus :

- Les pairs : représentés par les références « universitaires » et « statut » ;
- Les autorités centrale (l'état) identifiées par les références « sénégale », « subvention » et décentralisées représentées par la référence « ville » ;
- Et les concepteurs des programmes d'enseignement en géographie : représentés par les références « créateur » et « contenu ».

Le triangle des détenteurs d'enjeux de la performance est décliné ci-après. La logique qui a présidé à la construction du triangle dans le cas d'EC1 est encore répliquée. Le positionnement des pairs (les homologues chercheurs du répondant) au sommet du triangle (comparé aux autres cibles positionnées à la base) tient à la place qu'ils occupent dans les données collectées.

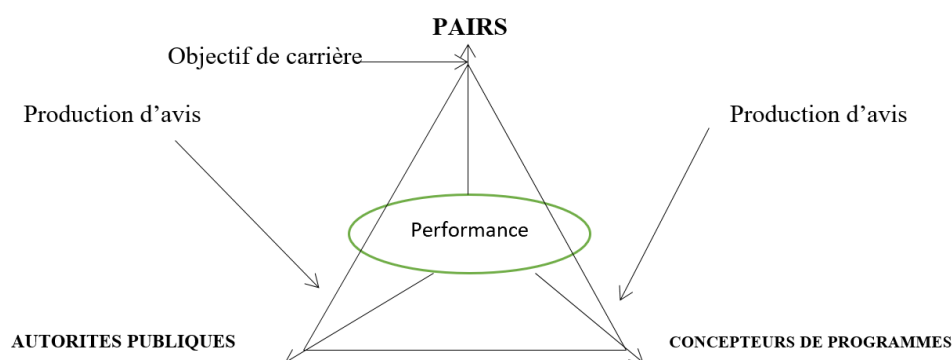


Schéma 2. Triangle de la performance (corpus EC2)

Source : données d'enquête.

Au centre de ces détenteurs d'enjeux, il y a la production d'articles qui rappelle la performance au sens stricto sensu que [53] définit comme « un résultat chiffré dans une perspective de classement (par rapport à soi - améliorer ses performances - et/ou par rapport aux autres) » (p.6). Comme on peut le noter dans le verbatim qui suit, la performance est d'abord regardée par rapport à soi en ce qui concerne EC2.

« La performance c'est de faire de bons articles. Des articles qui sont publiés dans de bonnes revues. Quand un chercheur produit des articles il est performant parce que c'est sur cette base là que nous sommes jugés. » (EC2).

Dans le verbatim ci-dessus, la notion de performance orientée, que [23] a abordée dans ses réflexions pour montrer l'aspect relatif du concept, déteint avec acuité. Il s'agit en l'espèce d'une performance quasiment orientée vers la production d'articles scientifiques pour ne pas dire se confond avec celle-ci.

Le graphe des épisodes précédent renseigne sur l'étendue, la place prépondérante de la dimension production d'articles telle qu'exprimée par la longueur de la ligne en tirets (cf. graphe). En effet, dans le graphe des épisodes, l'importance d'une référence est proportionnelle à la longueur de la ligne en tiret.

L'une des principales cibles détentrices d'enjeu de la performance se trouve être le chercheur (donc les « pairs », si on raisonne en terme de cibles) qui, à des fins de carrière, recherche la meilleure qualité dans la production scientifique. La place privilégiée de cette cible explique sa position centrale dans le triangle des détenteurs d'enjeu supra. EC2 confie à ce propos : *« Un des objectifs poursuivis c'est la carrière. Pour avancer dans ma carrière universitaire faut que je fasse de la recherche ».*

Au demeurant, les thèmes abordés ou problématiques traitées dans ces publications sont en rapport avec la qualité de l'offre d'enseignement en géographie et les questions de territoires et d'identités et donc rentrent dans les centres d'intérêt de l'Etat, des collectivités et des concepteurs de programme d'enseignement identifiés précédemment comme des détenteurs d'enjeu dans le cas de EC2.

« Je m'intéresse aux contenus d'enseignement. Comment ils sont élaborés ? Quelles sont les questions épistémologiques derrière ? Quels sont les objets scolaires ? Etc. Les résultats, j'essaye de les restituer tels quels » (EC2).

« Les contenus ce n'est pas moi qui les élabore. Ces contenus sont proposés par des praticiens. Moi j'utilise ces programmes là en essayant d'étudier les aspects épistémologiques, philosophiques, axiologiques etc. Mais en le faisant, je permets au concepteur du programme de mieux adapter le contenu à nos propres réalités. » (EC2)

La collecte de données a aussi porté sur les indicateurs de performance. Là aussi, les données recueillies auprès d'EC2 remettent au centre la performance au sens stricto sensu (en termes de production d'articles). La même observation faite sur EC1 reste applicable : à savoir le souci d'avancement dans la carrière prend le pas sur les retombées « extrascientifiques » de la recherche. Les données ci-dessous, notamment l'ordre d'apparition des idées dans les verbatim et les indices paraverbaux, corroborent cette inférence.

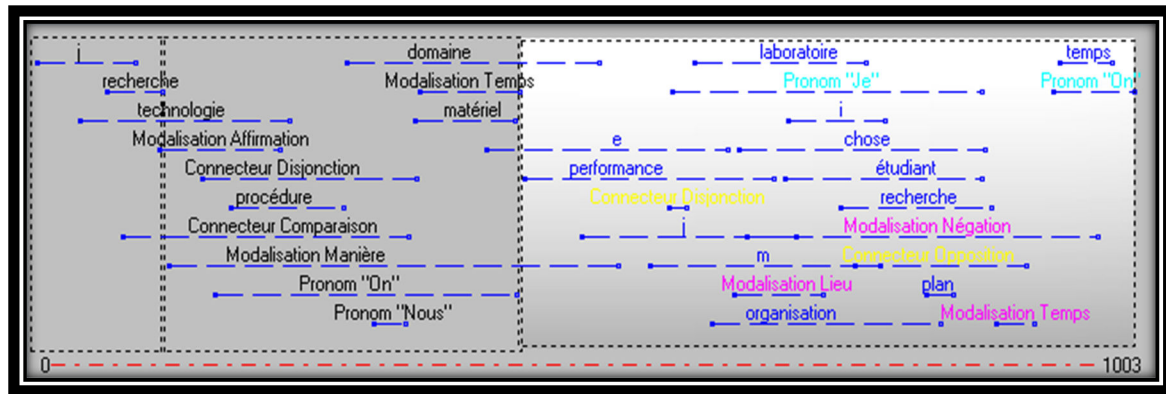
« Les indicateurs de performance c'est le nombre d'articles » précise EC2 dans un premier temps avant de compléter après une pause incidente *« Il y a aussi les recommandations que l'on propose et qui débouchent sur une meilleure adéquation entre le contenu des enseignements, des programmes et les réalités sociales. »* (EC2)

Le silence et les hésitations qui ont ponctué l'extrait sur la dimension impact de la recherche sur l'enseignement autorisent à penser que celle-ci est moins déterminante que la question de la carrière prise en compte par l'indicateur nombre de publication cité avec spontanéité par l'enquêté. Relativement à ce point, la remarque de [52] selon laquelle certaines dimensions de la performance sont parfois privilégiées dans le choix des indicateurs (pour des raisons opportunistes) transparaît encore en filigrane dans ce qui précède.

4.2.2 CAS D'EC3 ET EC4

4.2.2.1 LE DESIGN DE LA PERFORMANCE CHEZ EC3

Dans le cas d'EC3, trois épisodes ont été identifiés. La variable performance figure dans le dernier épisode (cf. graphe).



Graph 10. Episodes générés avec Tropes (corpus EC3)

Source : données d'enquêtes.

Ce qui frappe à l'observation c'est l'importance de la dimension de l'épisode incluant la variable performance comparée aux dimensions des épisodes construits précédemment (voir graphes des cas EC1 et EC2). Ce constat préfigure des différences quant aux résultats que va révéler l'analyse de la performance chez EC4 comparativement aux résultats présentés sur EC1 et EC2. Le tableau ci-après met en entrelacs les déictiques, classes d'équivalent et références clés pouvant orienter l'analyse de la performance dans l'activité d'EC3.

Tableau 6. Déictiques, catégories et références révélateurs d'enjeux (corpus EC3)

Déictiques	Classes d'équivalent associées aux déictiques	Références clés du matériau qui donnent sens aux classes d'équivalent
Je	PAIRS	Equipe
		Organisation
		Publications
On	ETUDIANTS	Mémoire
	PARTENAIRES	Encadrement
		Réseau
	UTILISATEURS	Matériel
		Transfert de technologie
		Innovation

Source : données d'enquête.

A la lumière du tableau ci-dessus, les détenteurs d'enjeux de la performance dans le cas d'EC3 concernent plus d'acteurs comparés aux résultats trouvés sur EC1 et EC2. Le schéma suivant donne un synopsis des cibles auxquelles est associée la performance dans l'activité d'EC3.

Les cibles situées à la base apparaissent comme moins détentrices d'enjeu comparées à celles positionnées au-dessus.

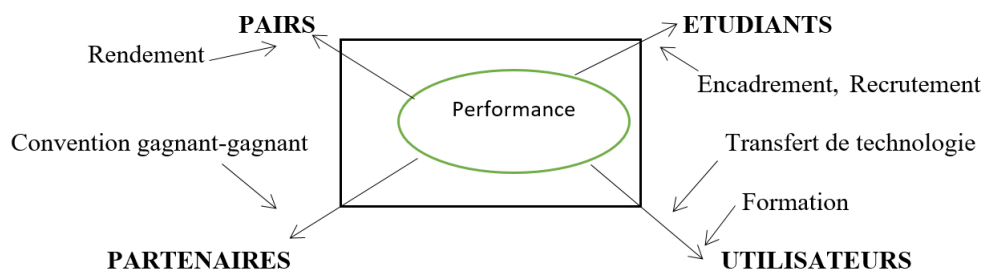


Schéma 3. La performance, une affaire multi cible (corpus EC3)

Source : données d'enquête

- Les pairs :

En rapport avec ce référentiel (en l'occurrence les pairs), la performance s'apprécie en termes de productivité (de production scientifique). Cette dimension transparaît dans le verbatim ci-dessous.

« Le rendement de l'universitaire c'est aussi sa capacité à publier ! Moi par exemple je compte à mon actif une dizaine de publications sans compter les articles cosignés avec des universitaires à l'étranger que ça soit aux USA, à Princeton ou encore en Egypte pour ne donner que ces exemples. » EC3

A la différence d'EC2 (cf. résultats supra), le rendement ou productivité chez EC3 relève moins d'un souci d'avancement dans la carrière. Le responsable EC3 est déjà admis au grade de professeur titulaire. Chez ce dernier, l'amélioration du rendement, de la productivité est consonante avec les principes qu'il promeut au sein du labo dont il est le responsable scientifique. Des principes qui, comme on peut le constater dans le verbatim ci-après, dévoilent un esprit de compétition, un esprit qui se mesure aux autres pour s'améliorer dans son domaine. Nous retrouvons là la vision de [53] selon laquelle la performance c'est aussi la comparaison de son rendement, de ses résultats par rapport à d'autres.

« J'ai l'habitude de faire de la provocation en disant ' *man bougou ma lou bakh*'¹⁶. Quand les collègues s'étonnent je leur dis ' *si bir lou bakh, li gueune la bougou*'. C'est ça mon crédo. La deuxième provocation que je fais souvent à mes étudiants : ' *da ma bari titar*'¹⁷ ' *limay titaro moy douma nagou ken eupema diom, yar, ité ak pastef* ».

Les termes indigènes (qui correspondent aux passages en wolof¹⁸ mis en couleur) révèlent la présence d'indices significatifs dans le corpus. Dans ces expressions en wolofs mis en rouge, nous retrouvons la juxtaposition de l'efficacité et de l'efficience telles que définit par [54]. Selon l'auteur :

- L'efficacité c'est lorsqu'on fait de bonnes choses : le segment « *man si bir lou bakh* » rentre bien dans l'acception « Druckerienne » de l'efficacité.
- L'efficience c'est lorsqu'on fait bien les choses. Cette conception de l'auteur prend en remorque le segment « *li gueune dongue la bougou* »

Cette acception de l'efficacité en termes de bonnes choses réalisées ou capitalisées n'est pas à isoler de la dimension productivité mise en évidence précédemment. [37], dans ses travaux basés sur la collecte de données par entretien, a observé une propension des enquêtés à dévoiler les bonnes choses qu'ils ont accomplies. Ce phénomène fut noté chez EC3 qui, volontairement, nous a demandé une clé USB pour nous transmettre le fichier des publications des Maîtres de conférences et Maîtres assistants de son laboratoire qu'il a encadrés seul ou en cotutelle. Sur le support ainsi reçu (qui fait office de données

¹⁶ Je ne me contente pas à rechercher ce qui est bien mais plutôt ce qui est meilleur. Telle est l'idée à laquelle renvoient les deux segments en rouge. Ces segments en rouge correspondent à des expressions wolofs. Le wolof est la langue maternelle de l'enquêté.

¹⁷ Je suis fier, je n'accepte pas que les autres soient plus entreprenants que moi. Telle est l'idée à laquelle renvoient les deux segments en bleu. Ces segments en bleu correspondent à des expressions wolofs

¹⁸ Le Wolof est une langue nationale au Sénégal.

secondaires pour nous), la moyenne des publications est de 12¹⁹ par enseignant-chercheur dont 15 à l'actif du responsable enquêté.

- Les étudiants :

A travers cette cible, on découvre la performance considérée, au sens de [45], comme la participation à la réalisation de l'autre, à son succès, sa réussite professionnelle. EC3 confie avec un relent d'empathie qui ne passe pas inaperçu :

« Les premières générations de doctorants que j'ai encadrés sont tous maintenant Maître assistant ou Maître de conférences ! Ils n'ont plus besoin de moi alors que c'est moi qui les introduisais dans les labos à l'étranger. Talla²⁰ se lève et il appelle Sophia Antipolis pour traiter des choses, Sadio fait pareille.... Ils sont tous maintenant étroitement associés à l'encadrement des étudiants, aux discussions des groupes pédagogiques parce qu'on fait de la recherche mais aussi la formation par la recherche. Si je prends des étudiants de master sur des sujets que je définis c'est eux qui jouent le rôle d'interface. Avant que les étudiants me donnent quelque chose (ex. la partie sur la recherche bibliographique) c'est d'abord examiné par eux. » EC3

- Les organismes partenaires

Ils sont sollicités pour disposer de certains équipements dans le cadre de contrats de recherche définissant la durée, les résultats attendus et le budget prévisionnel devant couvrir les honoraires et les autres frais liés aux travaux. Une formule qui n'est pas sans difficultés lorsque les partenaires sollicités se trouvent à l'étranger. En effet, dans ce cas, les frais d'acheminement des équipements (depuis l'étranger jusqu'à l'UCAD) peuvent s'avérer relativement coûteux.

« Dans le cadre de nos partenariats et de nos réseaux scientifiques auxquels nous sommes affiliés, nous essayons de récupérer le matériel à la fin des contrats. Et c'est souvent ce matériel qui est mis à la disposition du labo. Dès fois on a pas mal de problèmes pour récupérer ça. Par exemple y a un banc de pulvérisation cathodique d'un montant de plusieurs centaines de millions qu'on doit récupérer à Grenoble et je cours depuis plusieurs mois pour le récupérer. » EC3

A travers ce verbatim, la stratégie du responsable EC3 consiste à exploiter son réseau de contact au nord pour contourner le déficit d'équipement de son laboratoire à l'UCAD. A cet égard, la vision qui appréhende la performance comme un continuum dont l'un des pôles correspond à la correction d'un non-désirable (en la circonstance, la non disponibilité de certains équipements) fait miroir dans les actions qu'entreprend EC3. Le verbatim suivant exprime mieux l'enjeu autour de l'accès aux équipements de recherche.

« Si les partenaires nous sollicitent c'est parce qu'ils reconnaissent la valeur de nos travaux. Les intérêts peuvent ne pas être convergents mais c'est toujours un partenariat gagnant-gagnant. Les thèmes qu'ils nous soumettent sont bien sûr en phase avec leurs préoccupations. Mais en signant des conventions sur des domaines qui les intéressent nous profitons de leurs logistiques pour faire des manipulations dans des domaines où les équipements sont en défaut à l'UCAD » (EC3)

- Les utilisateurs des résultats de la recherche :

A travers cette catégorie, c'est l'approche économique de la performance, centrée sur des objectifs à atteindre (donc sur la recherche de l'efficacité), qui ressort dans les données collectées.

« Nous avons des objectifs d'innovation. Ils concernent les possibilités d'innover dans les procédés de fabrication que ça soit artisanal ou industriel. En termes de capitalisations on fait beaucoup de transfert de technologies » EC3

Les actions vers les utilisateurs ne se limitent pas aux transferts de technologie, c'est aussi une recherche qui vise à satisfaire la demande de formation continue. A cet effet, les innovations capitalisées sur la recherche appliquée sont utilisées comme « input » dans les contenus d'enseignements dispensés. A ce niveau, la performance s'analyse, lorsqu'on se réfère à [55], sous le rapport de l'impact sur le capital humain. Les indices sur le matériau qui relèvent de cette dimension ne sont pas certes

¹⁹ Le cumul des publications pour l'ensemble des 8 enseignants figurant sur le support est de 96 ce qui correspond à une moyenne de 96 : 8 = 12 publications par personne.

²⁰ Les noms réels communiqués par le répondant sont remplacés par d'autres afin de préserver l'anonymat.

suffisants (l'impact sur le capital humain est relativement difficile à appréhender) mais ils sont plus ou moins perceptibles dans ce passage extrait des retranscriptions :

« Aux industriels, y a des actions de communication pour leur monter que nous faisons de la veille, nous suivons l'évolution des sciences et techniques et que par rapport aux produits ou au processus, s'ils veulent rester compétitifs, nous pouvons les accompagner par des formations à la carte. Exemple : si dans l'industrie du plastique, les sacs mis au point se déchirent facilement, les industriels ont tout intérêt dans la formation de physique des polymères que les étudiants, à qui on enseigne les propriétés et les applications de ces polymères, puissent être en mesure d'élaborer des plastiques qui satisfont aux normes de sécurité et de qualité » EC3.

Fort du souci de multiplier les sources d'évidence, l'on s'est aussi intéressé à la performance telle que se la représente le responsable EC3 en rapport avec son domaine d'activité. Les données recueillies en conséquence montrent l'importance relative de chacune des cibles du schéma 3 ci-avant.

*« La performance c'est en relation avec les résultats en termes de connaissances élaborées, de mise au point d'innovations réalisées à partir de nos ressources locales et de nos **moyens**. Nos activités de sciences des matériaux utilisent des corps tels que l'écorce de baobab, l'argile, la poterie ou utilisent du bois, des Verres pour produire un certain nombre de choses que l'on mène vers la production, le transfert de technologie ». EC3*

Dans ce verbatim émergent les utilisateurs des résultats de recherche et les producteurs de connaissances identifiés précédemment parmi les détenteurs d'enjeux de la performance. La première catégorie (les utilisateurs) apparaît à la fin du verbatim justifiant par là son emplacement à la base du schéma des détenteurs d'enjeu (cf. schéma 3). L'on peut aussi remarquer qu'elle a été traitée en dernier lieu dans les développements sur les cibles associées à la performance. A l'opposé, la seconde catégorie (les producteurs de connaissances) inclut les pairs et les étudiants ou chercheurs en herbes (comme les appellent [43]). Cette catégorie apparaît au début du verbatim justifiant le positionnement des cibles « pairs » et « étudiants » aux deux premiers sommets du schéma 3 sur les détenteurs d'enjeu.

Enfin, entre les catégories « producteurs de connaissances » et « utilisateurs » se situe la référence « moyen » (mis en gras dans le verbatim) qui prend en compte la catégorie « partenaire ».

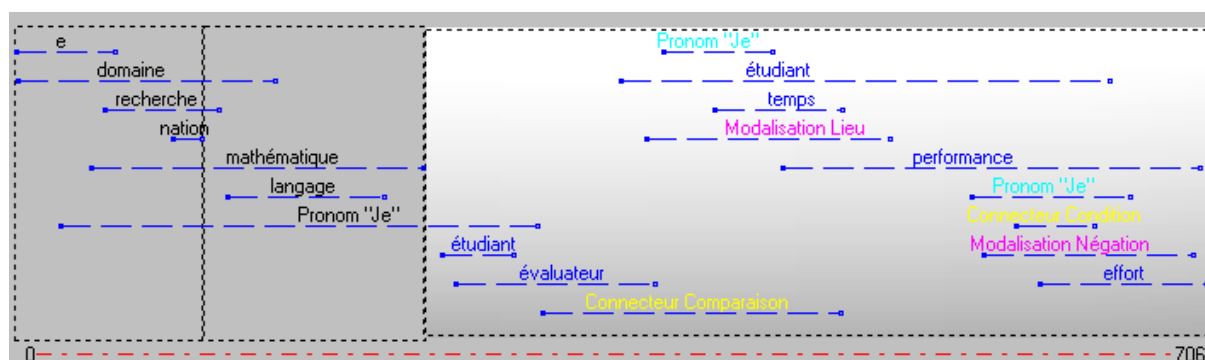
L'étude de la performance ne peut passer outre la question de sa mesure. Les éléments cités de manière spontanée par EC3 pour préciser les indicateurs de mesure de la performance dans son domaine recoupent en partie ceux identifiés précédemment chez EC1 et EC2.

« (...) Il y a les indicateurs classiques que sont les publications, le nombre d'étudiants formés. A côté, il y a les produits de la recherche appliquée mesurables par les transferts de technologie mais aussi le nombre de contrats de recherche décrochés ». EC3

Là également, on retrouve la place saillante des publications citées en premier lieu par le répondant. Une nouvelle fois, l'on peut remarquer que dans les indicateurs cités, la cible représentée par les partenaires (pourtant identifiés précédemment parmi les détenteurs d'enjeu) est laissée pour contre. A ce niveau, le même constat fait sur EC1 et EC2 s'applique : à savoir le risque très élevé que certaines dimensions de la performance soient sacrifiées lorsqu'il est question de définir des indicateurs.

Passons au dernier cas d'observation (représenté par EC4). Là aussi, c'est le graphe des épisodes qui fait office de prétexte pour appréhender la performance.

4.2.2.2 LE DESIGN DE LA PERFORMANCE CHEZ EC4



Graphe 11. Episodes générés avec Tropes (corpus EC4)

Source : Données d'enquête.

La performance apparaît dans le dernier épisode (cf. schéma) en même temps que le déictique de locution « je ». Ainsi, le focus sera mis sur ce déictique pour identifier les acteurs associés à la performance. Autour de ce déictique « je », nous pouvons situer les points clés du discours du responsable EC3 dans deux fortes préoccupations. La première est relative à la recherche de l'efficacité interne. A ce niveau, les marqueurs témoins que l'on découvre dans le corpus renvoient à « évaluation », « avancement », « enseignement ». La seconde se rapporte à la recherche de l'efficacité externe. Sur ce point, le discours du responsable EC3 est tiré dans le matériau par les références « besoin », « marché » et « emploi ». Alors, la performance serait dans ce cas bidimensionnelle. Le produit qui est formé (l'apprenant) est celui qui incarne la première dimension et le milieu professionnel (l'entreprise) incarne la deuxième dimension.

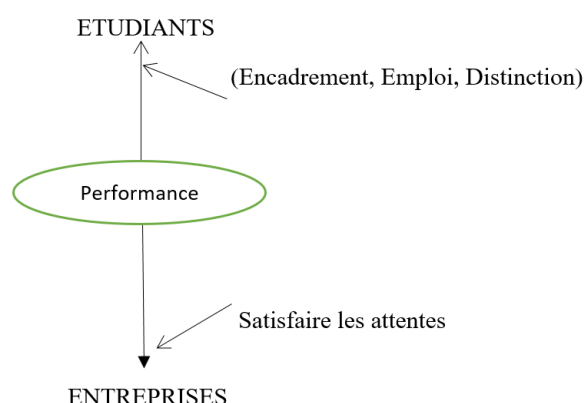


Schéma 4, une vision « bi-acteurs » de la performance

Source : Données d'enquête.

La performance, d'après les données collectées sur EC4, c'est avant tout la capacité à aider les étudiants qu'on encadre à pouvoir avancer, à devenir des figures importantes dans le domaine de recherche considéré. La vision de la performance considérée sous l'angle de la contribution à l'avancement de l'autre, à sa réussite retrouve ici toute sa portée. A la différence des responsables EC1 et EC3 où ce résultat a été vérifié, la portée de cette dimension semble plus élargie chez EC4. En l'espèce, cette autoréalisation fait effet lorsque ceux qu'on a encadrés obtiennent des distinctions dans leur domaine de recherche et/ou deviennent des évaluateurs ou des sommités. Ainsi, dans l'échelle des enjeux ou des défis examinés dans la perspective de l'enquête, il y a plus ambitieux que l'encadrement d'un étudiant jusqu'à sa soutenance.

« La performance c'est comme dans une course de relais. Il faut bien courir pour transmettre le flambeau à temps. Le chercheur est performant s'il laisse à ses héritiers chercheurs un patrimoine sur lequel ils s'appuieront eux aussi pour construire. Deuxièmement, s'il arrive à faire avancer les connaissances dans son domaine par rapport aux questions de son temps..... Si demain, ces étudiants obtiennent la médaille field ce sera ma médaille puisque c'est moi qui les ai formés ! Certains des

étudiants que j'ai encadrés font maintenant parti des référents. Pour chacun de mes étudiants, à partir d'un certain nombre de publications indexées au niveau mondial, je peux dire comme on le fait dans les tarikhas²¹ : tu peux. C'est-à-dire "dama koy sékhal"²². Et si je peux le proposer comme référent je le fais » EC4

La multiplication des indices de preuves étant fondamentale en analyse qualitative, les révélations supra ont justifié une question de relance sur des exemples d'étudiants passés maître dans l'art comme le stipule le verbatim. Les données recueillies à la suite relèvent de l'observation. Nous avons pu exploiter sur l'ordinateur de l'enquête une revue scientifique où des étudiants dans son laboratoire figurent parmi les évaluateurs. Il s'agit de la revue « Afrika Mathematica », où nous avons pu distinguer, dans un des numéros disponibles en ligne, pas moins de cinq étudiants du laboratoire coaché par EC4.

En restant toujours sur le verbatim précédent, les dimensions efficacité et efficience apparaissent au pied de la lettre. Au sens de [54], on est dans la première dimension lorsqu'on fait de bonnes choses (transmission du flambeau, faire avancer les connaissances sont des segments du verbatim qui relèvent de la première dimension) et dans la deuxième lorsqu'on fait bien les choses (bien courir, se pencher sur les questions de son temps, sortir des chantiers battus sont deux indices dans le verbatim qui relèvent de la deuxième dimension). Lorsqu'on dépasse l'analyse au pied de la lettre, nous retrouvons les deux cibles identifiées précédemment comme des détenteurs d'enjeux de la performance chez EC4 :

- La première cible est dans la métaphore « transmettre le flambeau ». [36] rappellent à ce niveau que les métaphores expriment la présence d'un thème significatif. Le « flambeau » évoqué dans le verbatim renvoie à la relève, à l'héritage que le chercheur lègue aux étudiants, aux doctorants dont il participe à la formation, à l'autoréalisation dans le domaine de recherche. La cible « étudiant » identifiée supra dans les détenteurs d'enjeu de la performance émerge ici à nouveau.
- L'indice qui renvoie à la cible « entreprise » (laquelle est prise en compte dans la catégorie « évaluateur », cf. Supra) transparaît à la fin du verbatim où l'enquête relève que le chercheur performant est celui qui trouve des résultats sur des questions de son temps. C'est-à-dire sur des questions qui ont un enjeu pour le monde professionnel. En l'espèce, l'application de l'algèbre dans le domaine de la cryptographie (qui ne rentre pas pourtant dans la formation initiale du responsable EC4) illustre cet état d'esprit et traduit une recherche qui se veut ouverte aux besoins des entreprises. En lien avec cette cible, nous verrons dans les lignes ci-dessous relatives à la question des indicateurs que le défi est de leur proposer des services qui répondent le mieux à leurs attentes.

Les données révèlent (lorsqu'on considère l'ordre de citation dans le verbatim ci-dessous) que les indicateurs sont d'abord de nature économique (nombre d'étudiants ayant réussi dans l'auto emploi). Arrivent ensuite les indicateurs de satisfaction et de productivité. En atteste le passage suivant :

« La performance c'est que les produits qui sortent ici puissent créer leurs propres emplois. Le second indicateur de performance c'est le taux de satisfaction des entreprises qui nous sollicitent sur des problèmes de recherche. Enfin, il y a le nombre de publications par année » EC4

L'on peut noter dans le verbatim ci-dessus qu'aucune des cibles (dimensions) associées à la performance (cf. schéma 4) n'est laissée pour compte dans les indicateurs. Ce résultat constitue une particularité chez EC4. En effet, dans les cas précédents, les indicateurs avaient un caractère sélectif puisqu'ils ne visaient que des dimensions (cibles) spécifiques de la performance.

En synthèse aux développements consacrés jusqu'ici sur la performance, le tableau ci-après est proposé. Il retrace, de manière synoptique, les facettes de la performance empiriquement détectées, ses indicateurs et cibles.

²¹ Ce terme utilisé en wolof est un mot arabe qui signifie chemin ou voie utilisée par un érudit pour éduquer, former ses disciples.

²² Expression wolof signifiant : je lui reconnais le titre de formateur, de quelqu'un qui peut initier d'autres dans les sciences.

Tableau 7. Une synthèse des dimensions, indicateurs et cibles de la performance

	Recherche orientée utilité sociale		Recherche orientée appliquée	
	EC1	EC2	EC3	EC4
FACETTES	- Résultats en termes de conseils aux patients - Succès - Résultat en termes de retombées économiques	- Avancement (objectif de carrière). - Résultat (en termes de conseils. - Recommandations aux pouvoirs publics et aux concepteurs de programme).	- Efficience - Efficacité - Succès - Légitimité (auprès des collaborateurs) - Satisfaction (besoin de formation des professionnels)	- Efficacité ; - Efficience ; - Succès. - Satisfaction des Entreprises (légitimité auprès des bénéficiaires de la recherche)
INDICATEURS	- Nombre d'étudiants encadrés - Nombre de publications ; - Nombre de résultats valorisés	- Nombre de publication - Impact des avis émis à l'attention des concepteurs de programme.	- Nombre de publications - Nombre d'étudiants encadrés ; - Nombre de transferts de technologies ; - Nombre de contrats de recherche signés.	- Nombre d'étudiant ayant réussi dans l'auto emploi - Taux de satisfaction des entreprises - Nombre de publications ;
CIBLES	- Communauté (population, sujets souffrants) - Etudiants - Pairs	- Pairs - Pouvoirs publics - Concepteurs de programme	- Pairs - Etudiants - Collaborateurs/ Partenaires - Utilisateurs des résultats (clients)	- Etudiant - Entreprise.

5 CONCLUSION

Au regard des résultats obtenus dans cette contribution, la performance est multi-acteur. Elle lie différents détenteurs d'enjeux (à la fois internes et externes à l'université). Le constat, lorsqu'on considère l'ordre d'apparition des cibles dans chaque matériau, est que les détenteurs d'enjeux sont d'abord internes à l'université : c'est les pairs et les étudiants. Les pouvoirs publics, les entreprises et les utilisateurs de la recherche de manière générale viennent généralement en second rang. La place prépondérante des acteurs internes à l'université s'observe également au niveau des indicateurs. Là-aussi, la performance est d'abord appréciée par rapport aux chercheurs (en termes de publications, de nombre d'étudiants encadrés) (voir EC1, EC2 et EC3) et aux étudiants (cf. EC4). Les indicateurs qui mesurent les rapports entre la recherche et l'extérieur (le monde socio-économique) sont cités par les enquêtés (quel que soit le profil de leur activité) en second rang.

Lorsqu'on met le focus sur le concept de performance, les résultats ci-avant mettent en évidence la multidimensionnalité du concept. Cette multidimensionnalité est davantage notée dans les recherches orientées appliquées (EC3 et EC4). C'est à ce niveau que l'on retrouve les dimensions efficience et politique liées respectivement à la question des ressources et à la satisfaction des partenaires, entreprises, utilisateurs des résultats de la recherche de manière générale.

Au demeurant, la facette « succès » est la dimension de la performance la plus présente dans les résultats. Cette dimension succès rappelle la logique de la théorie de l'intendance où chaque responsable met en avant l'intérêt, la réussite de l'équipe, du groupe et plus largement de l'organisation où il est acteur. En clair, l'aspiration des responsables enquêtés c'est de voir ceux qu'ils ont encadrés réussir dans leur carrière de chercheur. Toutefois, cette dimension quoique présente dans les données collectées auprès de EC1, EC3 et EC4, revêt des formes d'intensités différentes. En effet, c'est chez EC3 et EC4 (leur point commun est que leur activité relève de la recherche appliquée) où les indices afférant à la dimension réussite se manifestent avec acuité.

Les conclusions de ce papier, loin d'être des résultats définitifs, constituent plutôt des étapes dans le cadre d'un programme de recherche. Partant, il est envisagé de poursuivre la réflexion entamée par ce papier par une étude qui ouvrira l'échantillon à un effectif d'enseignant-chercheurs plus représentatif.

REFERENCES

- [1] Connell, H. (ed.) (2004), *La gestion de la recherche universitaire : Relever le défi au niveau des établissements*, Paris, OCDE/IMHE.
- [2] Salmi J. (2009), Le défi d'établir des universités de rang mondial. *Banque Mondiale* Washington DC.
- [3] CRDI. (2008). *La recherche universitaire pour le développement en Afrique de l'Ouest et du Centre : les préoccupations de l'heure*. Rapport d'une table ronde organisée par le CRDI, www.idrc.ca/en/ev-147737-201-1-DO_TOPIC.html
- [4] Morin, S. (2009), Revue analytique de la littérature sur la gouvernance de la recherche, Universitaire : tendances, défis et questionnements émergents, *CRDI*, Dakar, www.idrc.ca/fr/ev-147735-201-1-DO_TOPIC.html.
- [5] Bollag, B. (2003). Amélioration de l'enseignement supérieur en Afrique sub-saharienne : ce qui marche, *Banque mondiale, Région Afrique*.
- [6] Sawyerr, A. (2004). African Universities and the Challenge of Research Capacity Development. *JHEA/RESA*, Vol 2, n°1, pp. 213-242
- [7] Ylijoki, O., H. (2005), Academic Nostalgia : A narrative Approach to Academic Work, *Human Relations*, 58, pp.555-576.
- [8] Egloff, F., Bonpunt, L., Bouyer F. et Sibilli L. (2007), De la caractérisation professionnelle des métiers de la recherche à la politique de gestion de l'emploi scientifique au CNRS, dans Barré R., De Laat B. et Theys J. (coord) , *Management de la recherche, enjeux et perspectives*. Paris, De Boeck, 1ère édition.
- [9] Toulouse, J.-M. (2007), *Rapport du groupe de travail sur la gouvernance des universités du Québec*, Institut sur la gouvernance d'organisations privées et publiques, HEC Montréal, École de gestion John-Molson. Montréal : IGOPP.
- [10] CRDI (2009), *Etat des lieux de la gouvernance de la recherche universitaire en Afrique de l'Ouest et du centre*, Rapport de synthèse, http://www.idrc.ca/uploads/user-S/12664059261Gouvernance_recherche_universitaire_Synthese_finale_Dec09.pdf
- [11] Kandé, N. M. A. (2014), *Les facteurs déterminants de la carrière des enseignantes chercheuses, une approche genre organisation système (GOS) intégrée : cas de l'UCAD*, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, 291p.
- [12] Berland, N., Dreveton, B. (2012), Mesurer la performance des chercheurs, au risque de la bureaucratie. *Comptabilité, société, Politique*, Mélanges en l'honneur du Professeur Bernard Colasse, *Economica*, pp.287-303.
- [13] Granget, L. (2006), Modèles et réalités incertaines de l'Université, *Communication et organisation*, mis en ligne le 21 juin 2012, <http://communicationorganisation.revues.org/3469>
- [14] Williams, R., et N. Van Dyke. 2007. "Measuring the International Standing of Universities with an Application to Australian Universities." *Higher Education* 53 (6, June): 819–41.
- [15] Boukhobza N., Delavault H. et Hermann C., (2000), *Les enseignants-chercheurs à l'université : la place des femmes*, La Documentation Française, Paris.
- [16] Chasseriaux, J.M. (2004), Construire ensemble la société du savoir en Afrique, *Afrique contemporaine*, 1, n° 209, pp. 163-178.
- [17] Altbach, P. G. (2007), Périphéries et centres : les universités de recherche dans les pays en développement, *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur*, Vol.19, n°2, pp.123-150.
- [18] Usinier, J-C., Easterby-Smith, M. et Thorpe, R. (2000), *Introduction à la recherche en gestion*, Paris, *Economica*, 2ème édition
- [19] Fussman, G. et al. (2013), *La mondialisation de la recherche : Compétition, coopérations, restructurations*, Paris, Collège de France. <http://conferences-cdf.revues.org/pdf285>.
- [20] Joumard, R. (2012), L'apport de la recherche au développement durable, *Communication dans un Congrès*, Constantine, Algérie.
- [21] Birot, Y., (2009), Recherche et développement : idées reçues et réalités, *Revue Forêt Méditerranéenne* n°2, juin.
- [22] Voyer, P. (2011). *Tableau de bord de gestion et indicateurs de performance*, (2e édition). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec
- [23] De La Villarmois O., 2001, Le concept de performance et sa mesure : un état de l'art, *Les Cahiers de la Recherche*, Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises <http://odlv.free.fr/documents/recherche/crperf.PDF>
- [24] Saulquin, J. Y. & Schier, G. (2005). *La RSE comme obligation/occasion de revisiter le concept de performance*, Congrès GREFIGE-CEREMO, nancy.
- [25] Morin E., Savoie A., Beaudin G., 1994, *L'efficacité de l'organisation - Théories, représentations et mesures*, Montréal, Gaëtan Morin Éditeur.
- [26] Quach, Thi Kim, O. (2006), Une perspective de recherche sur la performance dans l'organisation, *23ème Colloque annuel du conseil canadien des PME et de l'entrepreneuriat*, Trois-Rivières.

- [27] Stake, R.E.1 (1994), Case Studies, in Denzin N.K., et Lincoln Y.S., (dir). *Handbook of Qualitative Research*. London, Sage Publications
- [28] Gagnon, Y-C. (2012), *L'étude de cas comme méthode de recherche*, 2^{ème} édition, Presses de l'Université du Québec.
- [29] Morse, J.M. (1989), *Qualitative Nursing Research: A contemporary dialogue*. Newbury Park, CA : Sage.
- [30] Kuezl A. J. (1992), Sampling in qualitative inquiry dans Crabtree B.E. et Miller W.L. (dir.), *Doing Qualitative Research*, Newbury Park, CA: Sage, pp.31-44.
- [31] Savall, H. et Zardet, V. (2004), *Recherche en gestion et approche qualimétrique : Observer l'objet complexe*, Paris, édition Economica,
- [32] Wacheux, F. (1996), *Méthodes qualitatives et recherches en Gestion*. Paris, Edition Economica.
- [33] Grawitz, M. (2001), *Méthodes des sciences sociales*, Paris, Dalloz 11^{ème} éd.
- [34] Ryan, G.W. and Bernard, H.R. (2003). Techniques to identify themes. *Field methods* 15(1), pp. 85–109.
- [35] Plane, J-M. (1994), *Contribution de l'intervention en management au développement de l'entreprise- Cas d'expérimentations*, Thèse de Doctorat ès Sciences de Gestion, Université Lumière Lyon 2. 1077p.
- [36] Hlady-Rispal, M. (2002), *La méthode des cas : Application à la recherche en gestion*, Bruxelles, De Boeck Université.
- [37] Lannoy, P. (2012), l'Analyse Thématique, Analyse Qualitative en Sciences Sociales, *Document de Travail*.
- [38] David, A. (1999), Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion, *VIII^{ème} Conférence Internationale de Management Stratégique*, AIMS. Paris : École Centrale
- [39] Rubin and Rubin (1995), *Qualitative interviewing : the art of hearing data*. London : Sage Publications.
- [40] Evrard, Y., Pras, B. et Roux, E. (2003), *Market, Etudes et recherches en marketing*, Paris, Dunod 3^{ème} édition,
- [41] Godin, B., Gingras, Y. et Davignon, L. (1998), *Les flux de connaissances au Canada tels que mesurés par la bibliométrie*, rapport de recherche réalisé pour statistique Canada, Ottawa.
- [42] Girin, J. (1989), L'opportunisme méthodique dans les recherches sur la gestion des organisations, *Communication à la journée d'étude la recherche-action en action et en question*, AFCET, Ecole Centrale de Paris, 10 mars.
- [43] Charles-pauvers B., Commeiras N., Peyrat-guillard D., Roussel, P. (2006), Les déterminants psychologiques de la performance au travail : un bilan des connaissances et proposition de voies de recherche, *Notes du LIRHE*, n°436
- [44] Motowidlo, S. J. (2003), Job performance, dans *Handbook of Psychology, Industrial and Organizational Psychology* sous la direction de W.C Borman, D.R. Ilgen, R.J. Klimoski et I.B. Weiner, Hoboken, NJ : Wiley, vol. 12, p. 39-52.
- [45] Swiss, J.E. (1991), *Public Management Systems, Monitoring and Managing Government Performance*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- [46] Miles, M-B et Huberman A-M. (2003), *Analyse des données qualitatives*, Trad Rispal M-H., Edition De boeck.
- [47] REXECODE (2004), *Les enjeux de l'industrie du médicament pour l'économie française*, étude réalisée pour le LEEM.
- [48] Lebas, M. (1995), Oui, il faut définir la performance". *Revue Française de Comptabilité*, n°269, Juillet-août, pp. 67-75.
- [49] Lorino.P. (2001), Le Balanced Scorecard Revisité : dynamique stratégique et pilotage de performance, exemple d'une entreprise énergétique, *Actes du Congrès de l'AFC*, Metz
- [50] Bessire, D., Fabre, P. (2011). Enjeux et limites du pilotage par les indicateurs en management public, l'exemple de la recherche en sciences de gestion, *32^{ème} congrès de l'Association Francophone de Comptabilité (AFC)*. Montpellier
- [51] Pesqueux, Y., (2006). *Le « nouveau management public »*, CNAM, Liège.
- [52] Drucker, P. (2010), *l'avenir du management*, Paris, édition Pearson Éducation France.
- [53] Bain, P., Watson, A., Mulvey, G., Taylor, P. and Gall, G. (2002) 'Taylorism, Targets and the Quantity-Quality Dichotomy in Call Centres, *New Technology, Work and Employment*, Vol.17. n°3, pp. 154-169

Evolution du droit foncier en République Démocratique du Congo : Regard sur la gestion des terres

[Evolution of land law in the Democratic Republic of Congo : A look at land management]

Sylva ILUNGA MUNYUNGU

Assistant et doctorant, Faculté de droit, Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2020 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: Since 1885, therefore, two major land-grabbing systems coexisted and found themselves in conflict in the DRC. In 1908, the Congo Free State committed itself to respect the existing practices in the Congo, as well as legally acquired rights to third, indigenous and European settlers. It is only with the new land law that soil and subsoil became the exclusive property of the state. This reflected the land management exclusion that customary chiefs had on the part they ran.

KEYWORDS: Land rights, Democratic Republic of the Congo, land management, exclusive property and right of enjoyment.

RESUME: Depuis 1885 donc, deux grands systèmes d'appropriation des terres ont coexisté et se sont trouvés en conflit en RDC. En 1908, l'État indépendant du Congo s'est engagé à respecter les pratiques existantes au Congo, ainsi que les droits acquis légalement reconnus à des tiers, indigènes et colons européens. C'est seulement avec la nouvelle loi foncière que le sol et le sous-sol est devenu la propriété exclusive de l'Etat. Cela a traduit l'exclusion sur la gestion de terre qu'avaient les chefs coutumiers sur la partie qu'ils dirigeaient.

MOTS-CLEFS: Droit foncier, République démocratique du Congo, gestions des terres, propriété exclusive et droit de jouissance.

1 INTRODUCTION

Avant l'arrivée de la colonisation, le domaine foncier en général était géré par les chefs coutumiers qui ceux-ci le géraient avec toute sécurité et chacun des membres de la communauté se sentait concerné et impliqué, mais avec l'arrivée du colonisateur, la coutume s'est sentie de plus en plus coincée, étouffée par une autre forme de gestion foncière et cette dernière gestion a fait qu'il y est dualité de gestion. Ce dualisme a persisté de telle en sorte que les parties de terres qui n'étaient pas occupées par la communauté locale étaient automatiquement sous la gestion du colon et sa transmission, sa vente, éventuellement son occupation devaient passer par l'administration du colon.

Et toute propriété foncière qu'avait la communauté locale était arrachée par le fameux principe ou article « le sol et le sous-sol appartiennent à l'Etat » donc cela traduit l'exclusion sur la gestion de terre qu'avaient les chefs coutumiers sur la partie qu'ils dirigeaient. Il s'agit là de bannir le droit coutumier au détriment de droit moderne.

Etant donné que l'avenir de l'homme est lié à celui du sol et la bonne gestion de ce dernier peut être génératrice de la paix. La terre a une importance capitale dans la vie sociale, économique et politique des hommes, il est important dans cette étude de faire une étude historique les lois en matière foncière pour en dégager les causes, circonstances et objectif de ces différents changements légaux.

Nous nous posons comme question dans cette étude, de savoir comment a évolué le droit foncier en RD Congo ? Face à ce questionnement, nous avons comme objectif de démontrer l'évolution de droit foncier en RD Congo.

Dans cette étude, nous avons utilisé d'une part la méthode juridique¹ qui est « une application d'interprétation des textes légaux, de jurisprudence et de doctrine en les confrontant aux faits pour en connaître la légalité » et la méthode de l'historique juridique en application de la méthode historique ou psychologique, l'interprète prendra en considération divers éléments de fait ou de droit présumés connus du législateur tels que le contexte social et les événements historiques contemporains à l'adoption de la loi². Il s'agit de voir l'historique du contexte de l'élaboration des lois foncières.

Quant à la technique de récolte des données, la méthode et l'approche ont été soutenues par la technique de documentaire juridique par l'exploitation des textes officiels, ouvrages, articles de revues, etc.

Le présent article aborde les problèmes la gestion foncière en République Démocratique du Congo depuis la période précoloniale jusqu'à nos jours. Cette évolution se subdivisera en trois grandes périodes. Il s'agit de la période d'avant la colonisation, de la période coloniale et la période post coloniale.

2 PERIODE D'AVANT LA COLONISATION

Il s'agit ici de faire une étude de gestion des terres et des forêts avant le contact avec l'homme blanc d'abord et en suite avec les étrangers venus avant l'Etat Indépendant du Congo (EIC).

2.1 DESCRIPTION DE NATURE DES TERRES ET FORÊTS

Le régime foncier lié à l'organisation sociale et économique de ces peuples, fait figure de révélateur de cet ensemble socio-économique³. Antérieurement à l'arrivée du Roi Léopold II, la propriété et l'accès aux fonciers revêtaient diverses formes mais revenaient essentiellement aux lignées, clans et familles. La propriété et l'accès étaient placés sous le contrôle des chefs des familles ou des lignées. Les membres d'une lignée ou d'un clan particulier devaient demander à ces chefs communautaires ou familiaux la permission d'utiliser les terres.

2.2 CLASSIFICATION DES TITULAIRES DES DROITS

Le domaine familial et le domaine villageois ont des règles propres de gestion. Par exemple, les terres des familles sont des biens davantage « privés », tandis que les terres des villages sont des biens davantage « publics », dont la jouissance est reconnue à la généralité des membres de la communauté villageoise⁴.

Dans la catégorisation de droit de propriété foncière, nous avons eu d'un côté les indigènes ou communautés locales et de l'autre côté des non-indigènes.

2.2.1 LES INDIGÈNES OU LES COMMUNAUTÉS LOCALES

Avant la colonisation, le domaine tel que connu aujourd'hui n'existait pas et le mode de détention et de gestion des biens était collectif. C'est la raison pour laquelle on parlait non pas de domaine mais bien plutôt de propriété collective. La propriété individuelle existait certes, mais elle n'était pas très répandue et ne s'appliquait pas aux biens immeubles⁵.

¹CORNU, Vocabulaire juridique, éd. Pud., Paris 2007.

² Pierre-André CÔTÉ avec la collab. de Stéphane BEAULAC et Mathieu DEVINAT, *Interprétation des lois*, 4e éd., Montréal, Thémis, 2009, n°1549, p. 491

³ C. COQUERY, *Le régime foncier rural en Afrique noire*, Karthala: 22-24, Paris, sine data.

⁴ G. KOUASSIGAN, *Objet et évolution des droits fonciers coutumiers*, In G. Kouassigan (ed.), *Encyclopédie Juridique de l'Afrique* (Tome cinquième: Droit des Biens). Abidjan et Dakar, Les Nouvelles Editions Africaines, 1982, pp. 29-47.

⁵ S. SAMBA, *Op.cit*, p.12

Dans les sociétés locales, les principes et les pratiques d'allocation, de transmission, d'héritage et de régulation des droits fonciers sont fortement déterminés par l'ascendance, la famille, la territorialité lignagère, l'autorité socio-politique, les alliances, etc⁶.

« Aucune personne n'avait le droit de vendre cette terre sacrée et collective. En dehors des coutumes foncières, les coutumes ancestrales indiquent que l'en-deçà est plus vénéré que l'au-delà. C'est pour cette raison que les populations pensaient que les dieux étaient si loin que l'homme ne pouvait les atteindre...⁷ ».

Dans les sociétés précoloniales, l'homme n'a que l'usus et le fructus de la terre. L'abus appartient aux ancêtres. On fait observer que les règles de transmissions entre vifs ou à cause de mort, sont l'objet de maintes habitudes tant en droits coutumiers qu'en droit écrit.

2.2.2 LES NON – INDIGÈNES

Avant la colonisation, il y avait aussi des étrangers aux côtés des autochtones. Ces étrangers étaient constitués généralement des hollandais, portugais et anglais qui étaient soit en association, soit en privé avec comme but de rendre effective leur occupation dans le bassin du Congo. Ces étrangers avaient conclu avec des chefs indigènes des contrats de cessions de leur territoire, et même de leur « souveraineté ». De même, les commerçants s'étaient parfois fait octroyer, toujours par les mêmes chefs, des larges étendues de terre. Malheureusement, ces actes de cession ne présentaient aucune garantie de sécurité.

En effet, ces cessions étant d'une nature fort précaire, les droits de propriété de ces « cessionnaires » étaient abandonnés à la merci des humeurs indigènes qui, ignorant la portée d'un titre de propriété et ne possédant aucun moyen de constater le droit à la possession continue et perpétuelle de la terre, n'hésitant pas à renier les engagements prétendument souscrits par eux.

3 PENDANT LA COLONISATION

Nous noterons que pendant la colonisation, nous avons eu deux grandes périodes. La période de l'Etat Indépendant du Congo (E.I.C) et le Congo – Belge.

3.1 PENDANT L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO (E.I.C)

Le législateur précolonial a considéré que les autochtones ou indigènes n'avaient pas de régime foncier et que les terres de l'Etat indépendant du Congo non occupées par les autochtones ou indigènes étaient sans maître⁸.

Au jour même de la notification aux puissances de la constitution de l'E.I.C., l'administrateur général au Congo prit une ordonnance⁹ relative à l'occupation des terres à travers tout le nouveau du territoire.

En effet, par cette ordonnance, l'administrateur général a voulu marquer d'une part une rupture entre l'ancien et le nouveau régime en ordonnant qu'à partir de la présente proclamation, aucun contrat ni convention passés avec des indigènes pour l'occupation à un titre quelconque des parties du sol " ne sera reconnu par le gouvernement et ne sera protégé par lui ". Les droits ne pouvant naître qu'en se conformant aux règles du nouvel Etat¹⁰. Si l'objet du premier acte fut de cristalliser les droits acquis à l'époque antérieure au 1er juillet 1885, ce même acte attribue à l'Etat toutes les terres vacantes et interdit leur occupation sans titre.

⁶ C.M. WHITE, *African Land Tenure in Northern Rhodesia*, Journal of African Administration 11(4), 1959, pp. 171-178.

⁷ J. NGOMSIK, *Evolution dans la région de l'Afrique centrale des règles foncières et d'urbanisme : l'exemple du Cameroun*, Droit Public, Université de LIMOGES, 2012, pp 108 et suivants.

⁸ Pr. NOBIRABO, *Dépossession des droits fonciers des autochtones en RDC : perspectives historiques et d'avenir*, Forest Peoples Programme, in Les droits fonciers et les peuples des forêts d'Afrique Perspectives historiques, juridiques et anthropologiques, septembre 2008, p.4.

⁹ Il s'agit de l'Ordonnance datée du 1er juillet 1885.

¹⁰G. KALAMBAY, *Régime foncier et immobilier*, PUZ, Kinshasa, 1989, p. 5.

Signalons cependant que cette rupture n'est pas totale car les droits acquis par les étrangers par accords avec les chefs coutumiers antérieurement au nouveau régime demeuraient reconnus à condition de les enregistrer.

La réorganisation foncière à l'époque de l'E.I.C était faite pour permettre à la colonie d'exploiter les ressources. Mais ce régime a commencé par reconnaître certaines propriétés foncières sous certaines conditions et se faire grand maître des concessions après.

3.1.1 DE LA PROPRIÉTÉ FONCIÈRE PENDANT L'E.I.C

Nous avons trois types des terres : les terres des indigènes, les terres de non indigènes et le domaine de l'Etat

3.1.1.1 LES TERRES INDIGÈNES

La législation de l'Etat Indépendant du Congo s'occupe de la situation juridique des terres vacantes et indigènes par une ordonnance datée du 1^{er} juillet 1885, dans l'article 2, qui dispose : Nul n'a le droit d'occuper des terres vacantes, ni de déposséder les indigènes des terres qu'ils occupent; les terres vacantes doivent être considérées comme appartenant à l'Etat.

Pour légiférer sur les terres indigènes, un deuxième décret relatif au domaine paraît en 1886. Les terres occupées par des populations indigènes, sous l'autorité de leurs chefs, continueront d'être régies par les coutumes et les usages locaux. Les contrats faits avec les indigènes pour l'acquisition ou la location de parties du sol ne seront reconnus par l'Etat et ne donneront lieu à enregistrement qu'après avoir été approuvés par l'Administrateur général du Congo¹¹.

3.1.1.2 TERRES DE NON INDIGÈNES

Ce sont les terres qui appartenaient à des personnes autres que les indigènes¹². En effet, avant la constitution de l'E.I.C., des non-indigènes hollandais, portugais et anglais occupaient le sol en vertu des contrats passés avec des indigènes : ces contrats furent reconnus valables en exécution du décret du 22 août 1885 et ces terres furent enregistrées et soumises à la législation de l'Etat ne faisant pas mention d'une reconnaissance légale ou d'une protection de la part de la colonie. A défaut de l'enregistrement, ces terres pouvaient être contestées par les indigènes ou encore occupées par la concession faite par la colonie à d'autres personnes.

3.1.1.3 DU DOMAINE DE L'ETAT

Ces sont toutes les terres vacantes qui ne sont pas occupées qui composaient le domaine de l'Etat. Dans tous les pays on distingue deux catégories de domaines de l'Etat. Il s'agit du domaine public de l'Etat et du domaine privé de l'Etat. Ce distinguo a été tracé depuis même l'époque coloniale.

La question foncière, à cette époque, avait déjà un caractère dualiste : la coexistence des terres régies par les lois et actes et celles régies par la coutume. Néanmoins, on peut noter, malgré tout, la reconnaissance de l'autorité coutumière dans cette question.

3.2 PENDANT LE CONGO – BELGE

Le 28 novembre 1907, le Roi Léopold II céda à la Belgique la souveraineté sur le territoire de l'Etat indépendant du Congo. Le Traité de cession, approuvé par la loi du 18 octobre 1908, régla les modalités et les conditions de cette « succession d'Etats ». L'article premier du Traité mérite d'être cité : « *Sa Majesté le Roi-Souverain déclare céder à la Belgique la souveraineté des territoires composant l'Etat indépendant du Congo avec tous les droits et obligations qui y sont attachés. L'Etat belge déclare accepter cette cession, reprendre et faire siennes les obligations de l'Etat indépendant du Congo, telles qu'elles sont détaillées*

¹¹ Article 2 de l'ancien Livre II du Code civil.

¹² Ces personnes sont des étrangers de l'espace que constituait l'E.I.C.

à l'Annexe A, et s'engage à respecter les fondations existant au Congo, ainsi que les droits acquis légalement reconnus à des tiers, indigènes et non indigènes »¹³

Après avoir spécifié à l'article 2 que la cession comprenait tout l'avoir immobilier et mobilier de l'Etat indépendant, le Traité disposait ensuite à l'article 3 :

« D'autre part, la cession comprend tout le passif et tous les engagements financiers de l'Etat indépendant, tels qu'ils sont détaillés dans l'annexe C ». Après avoir voté le 18 octobre 1908 les deux lois approuvant, l'une le Traité de cession et l'autre l'acte additionnel à ce traité, les Chambres adoptèrent le même jour la loi sur le gouvernement du Congo belge, appelée communément « Charte coloniale¹⁴ ».

L'article premier de cette loi du 18 octobre 1908 proclamait le principe de la distinction des personnalités juridiques du Congo et de la Belgique et de la séparation des patrimoines des deux territoires : *« Le Congo belge a une personnalité distincte de celle de la métropole. Il est régi par des lois particulières. L'actif et le passif de la Belgique et de la colonie demeurent séparés¹⁵ ».*

Le dernier paragraphe du même article consacrait ensuite une conséquence du principe de la séparation des patrimoines : *« Le service de la rente congolaise demeure exclusivement à charge de la colonie, à moins qu'une loi n'en décide autrement »¹⁶.* Tout comme l'E.I.C., la colonie du Congo belge a eu une administration, chargée d'exécuter sur le terrain la politique coloniale du gouvernement belge, distincte de l'administration belge¹⁷.

Sous la colonisation proprement dite, le secteur foncier était géré par quelques lois dont : La charte coloniale (loi) du 18 octobre 1908 ; le décret du 20 juillet 1907 sur l'emphytéose et l'usufruit ; le décret du 6 Février 1920 et le décret du 31 mai 1934 sur la constatation de la vacance de terres et des droits des indigènes.

3.2.1 LA CHARTE COLONIALE (LOI) DU 18 OCTOBRE 1908)

L'article 5 de la charte coloniale oblige le gouverneur général de veiller à la conservation des populations indigènes et à l'amélioration de leurs conditions morales et matérielles d'existence. Il favorise l'expansion de la liberté individuelle, l'abandon progressif de la polygamie et le développement de la propriété. Il protège et favorise, sans distinction de nationalités ni de cultes, toutes les institutions et entreprises, religieuses, scientifiques ou charitables, créées et organisées à ces fins ou tendent à instruire les indigènes et à leur faire comprendre et apprécier les avantages de la civilisation.

3.2.2 LE DÉCRET DU 20 JUILLET 1907 SUR L'EMPHYTÉOSE ET L'USUFRUIT

Ce serait une faute que la colonie continuât de se dépouiller définitivement des terres qui lui appartiennent comme bien sans maître, et ne conservât de son immense domaine qu'une faible portion pour les temps à venir. Dans le système de l'emphytéose, dont la durée est essentiellement à trois générations, la colonie retrouvera un jour ses terres avec une valeur considérable et sans n'y avoir fait aucune mise de fonds¹⁸.

Ensuite, quant à la matière de la superficie, il convient de la régler sans retard, afin d'apporter au principe de la cession consacrée en termes absolus. L'organisation de la superficie sera particulièrement utile dans la colonie pour la concession d'exploitation des forêts et des autres produits naturels du sol.

¹³ Art. 1 du Traité de Cession de l'Etat indépendant du Congo à la Belgique, approuvé par la loi du 18 octobre 1908, Pasiti., 1908, n° 265.

¹⁴ Article 3 de la loi du 18 octobre 1908.

¹⁵ Article 1 de la loi du 18 octobre 1908.

¹⁶ JP. DE BANDT, *la jurisprudence belge de quelques problèmes de succession d'Etat à la suite de l'accession à l'indépendance de la République du Congo (Léopoldville)*,

¹⁷ L. DE CLERCK, *L'administration coloniale belge sur le terrain au Congo (1908-1960) et au Ruanda-Urundi (1925-1962)*, Publié dans l'Annuaire d'Histoire administrative européenne N° 18/2006.

¹⁸ Rapport du conseil colonial cité par Gaston Kalambay, *op. cit.* p. 123.

« Le régime de Congo belge, ou si l'on préfère : la Colonie belge d'Afrique, améliora le système, si l'on s'en tient au fait qu'enfin des lois furent promulguées. Remarquons que la première, qui dota le Congo d'un régime de la propriété, et qui fit sens, est datée du 31 juillet 1912 »¹⁹.

3.2.3 LE DÉCRET DU 6 FÉVRIER 1920

Le droit congolais a opté pour le système d'immatriculation et de la publicité foncière, hérité de l'Act Torrens. Introduit en Australie du Sud en 1858, il est un système de livre foncier, permettant l'enregistrement des terres ou des transferts de terre dans un registre. Cette inscription valait titre de propriété. A de faibles variantes près, le système mis en place par l'Act Torrens a été adopté dans les autres colonies.

3.2.4 LE DÉCRET DU 31 MARS 1934

Comme écrit CHIRUZA, « Le travail de délimitation des terres indigènes, par son coût et son inutilité fut condamné en 1927. Mais la colonisation exigeait que l'Etat colonie continue à accorder des concessions et cessions avec la garantie à leurs titulaires de ne pas être inquiétés dans l'exercice de leurs droits. Dès lors une procédure nouvelle était nécessaire ; le législateur de 1934 subordonna à une enquête toute demande de cession ou de concession »²⁰.

Ce décret du 31 mai 1934 permit par un texte légal de renoncer officiellement à la délimitation systématique des terres indigènes, et indirectement de déterminer les terres vacantes, car l'enquête ne devra désormais s'effectuer qu'en cas de demande de cession ou de concession des terres rurales.

3.2.5 QUID DU POUVOIR CONCÉDANT

L'article 15 de la charte coloniale était en principe applicable à tout le domaine privé appartenant à la colonie²¹. Il faut ajouter que la distribution des terres congolaises pour promouvoir des investissements avait revêtu la modalité de cession de service Public à des entreprises privées (Comité Spécial du Katanga, Compagnie des Chemins de Fer des Grands Lacs Africains (C.F.L. bien connues au Maniema) et Comité National du Kivu (C.N.Ki.), lesquelles sont qualifiées de compagnies à charte ou, mieux encore, « pouvoirs concédants », dans la littérature de la Colonie.

Ce mode de gestion qui, dans le cas du C.N.Ki., eut le mérite de doter le pays d'un organisme « paraétatique » de rationalisation de la gestion foncière – une manière d'organisme de Programmation ou Planification de l'économie et des solutions aux problèmes sociaux coloniaux »²².

4 DU NOUVEAU REGIME FONCIER CONGOLAIS

L'étude foncière de la période post colonial en RD Congo sera étudiée en deux étapes. La période qui commence de 1960 à 1973 et de 1973 à nos jours. Cette classification est justifiée par le fait qu'entre 1960 et 1971, nous avons eu des textes qui ont géré le domaine foncier tout en gardant le régime de propriété foncière de l'époque coloniale et c'est en 1973 qu'on a eu une loi foncière propre qui a unifié la propriété foncière qui est d'application jusqu'aujourd'hui.

¹⁹ G. KALAMBAY, *Droit civil congolais*, t. 2, Droit foncier et immobilier, Ed. Mafundisho, Kinshasa, 1995

²⁰ Al. CIRHUZA, *De la souveraineté permanente de la R.D.C sur ses richesses et ses ressources naturelles: examen de l'article 09 de la constitution du 18/02/2006*, Mémoire de Licence, Université Catholique de Bukavu, 2006 in Institut numérique, <http://www.institut-numerique.org/2-comparaison-loi-bakajika-face-a-la-souverainete-permanente-5241ac6f40b14>, consulté le 01 Décembre 2017 à 12h 47.

²¹ Les cessions et concessions sont réglées par les règles suivantes : 1. Toute concession de chemin de fer ou de mines est consentie par décret. Toutefois, aux conditions générales établies par décret le Gouverneur Général peut accorder des concessions de mines de 800 hectares au plus. 2. Les cessions et, pour quelque durée que ce soit, les concessions de biens domaniaux, sont consenties ou autorisées par décret...

²² Th. LWANGO, *Analyse du code foncier et évolution de la législation foncière en République Démocratique du Congo*, Texte tiré des actes de la Table ronde organisée à Bukavu par l'IFDP du 10 au 11 mai 2010, p.3

4.1 DE LA PÉRIODE ALLANT DE 1960 À 1973

L'ancienne colonie du Congo belge s'est séparée de l'Etat belge le 30 juin 1960 pour constituer « dans ses frontières actuelles, un Etat indivisible et démocratique » et donner ainsi naissance à une souveraineté étatique nouvelle dans l'ordre international²³.

Les Etats africains désormais indépendants recueillent donc de la période coloniale un système foncier double, constitué par la coexistence d'un droit moderne hérité de la puissance colonisatrice et d'un droit coutumier assez modifié. D'impérieuses raisons économiques et sociales commandent de doter ces états d'un droit foncier conforme aux exigences du développement²⁴.

4.1.1 LA CONSTITUTION DU 1^{ER} AOÛT 1964

La loi fondamentale du 1^{er} août 1964 dite « constitution de Luluabourg²⁵ » dispose dans l'article 43, alinéa 4 : « une loi nationale réglera souverainement le régime juridique des cessions et des concessions foncières faites avant le 30 juin 1960 ». Étant donné qu'on ne pouvait pas régler les questions foncières dans la constitution, c'est pourquoi la constitution a donné une possibilité à une réglementation ultérieure. D'où la naissance de l'ordonnance-loi n° 66/343 du 7 juin 1966.

4.1.2 L'ORDONNANCE – LOI N° 66/343 DU 7 JUIN 1966

L'exode massif des Belges et autres étrangers, consécutivement aux troubles postindépendances a provoqué un phénomène de friches industrielles, des fermes et autres propriétés foncières abandonnées. Mais, repartis leur mère patrie, nombre des gens tenaient à garder la haute main sur leurs propriétés restées au Congo. Aucune politique interne de remise en valeur n'était facile dans ces conditions. C'est pour réduire la contradiction entre un pouvoir de décision expatrié et des propriétés demeurant au pays qu'une initiative de déblocage, aux relents nationalistes, fut entreprise.

L'ordonnance – loi n° 66/343 du 7 juin 1966 communément appelée loi Bakajika est l'une des lois de la RD. Congo proposée par le député National Bakajika Diyi Kamgombe Isaac-Gérard, votée par la Chambre des députés le 28 mai 1966 et promulguée sous forme d'Ordonnance-loi le 7 juin 1966 par le Lieutenant-Général Joseph-Désiré Mobutu président de la République. Elle sert à régler le régime juridique de la propriété foncière tel qu'avait disposée la Constitution du 1^{er} août 1964.

La loi Bakajika visait à remettre de l'ordre dans le domaine foncier : durant le Congo Belge, une part importante des meilleures terres indigènes avait été attribuée aux colons belges. La loi les a donc attribué la propriété des terres rurales et a, de ce fait, exclu les communautés villageoises et rurales de leur patrimoine foncier²⁶.

Pour se confirmer propriétaire, les anciens bénéficiaires des concessions avaient l'obligation d'introduire de nouvelles demandes dans un délai déterminé, faute de quoi, leurs propriétés devenaient des biens abandonnés, ce qui donnait droit à l'État de les céder à d'autres requérants pour la remise en valeur.

Dans la même optique de lutte contre les pouvoirs concédant concurrents et les compagnies qui avaient bénéficié de grandes concessions ou cessions et qui abusaient de leurs droits en gelant les terres au mépris de l'intérêt général, sont intervenues la loi constitutionnelle n° 71/008 du 31 décembre 1971 et la loi n° 71/009 du 31 décembre 1971.

4.1.3 LA LOI CONSTITUTIONNELLE N° 71/008 DU 31 DÉCEMBRE 1971 ET LA LOI N° 71/009 DU 31 DÉCEMBRE 1971

La loi n° 71-09 fut adoptée et promulguée, le tout en une nuit, les 5 heures de temps, entre 19 heures et 24 heures, du 31 décembre. On introduisit ainsi, dans la Constitution d'alors, un article 14bisselon lequel le sol et le sous-sol sont la propriété exclusive et inaliénable de l'Etat. Et celui-ci, contrairement à ce qu'avait accepté Léopold II, ne pouvait accorder à qui que ce

²³ JP. DE BANDT, Op.cit

²⁴ UNESCO, *le droit de la terre en Afrique (au sud du Sahara)*, PARIS EDITIONS G.-P. MAISONNEUVE ET LAROSE, 1971, p.17

²⁵ Luluabourg correspond au lieu de l'adoption de la loi, aujourd'hui sous le nom de Kananga.

²⁶ L'objectif avoué de ces textes était de redonner à l'Etat la plénitude de ses droits sur les terres domaniales en annulant notamment le pouvoir de céder ou de concéder les terres domaniales qui avait été attribué à certains Comité comme la C.N.Ki. et C.S.K.

fût, que des locations et concessions ; les cessions, même à titre onéreux des terres, et même des terrains déjà mis en valeur, étaient décrétées d'illicéité fondamentale ²⁷ ».

Ces réformes précipitées étaient justifiées par la politique et l'économie de l'époque car le pays ne voulait plus être sous contrôle belge d'une part et voulait à tout prix la relance des activités économiques d'autre part.

4.2 DE LA PÉRIODE ALLANT DE 1973 À NOS JOURS

Le régime foncier actuel découle de la « loi dite Bakajika²⁸ » de 1966 dont l'objectif était d'assurer à la République démocratique du Congo la plénitude de ses droits de propriété sur son domaine et la pleine souveraineté dans la concession des droits fonciers, forestiers et miniers sur toute l'étendue de son territoire. Cette loi a posé le principe d'étatisation du sol et du sous-sol.

LE POURQUOI DU CHANGEMENT DU RÉGIME FONCIER

Néanmoins, le bouleversement opéré dans ce domaine par la consécration constitutionnelle du principe « de la propriété de l'Etat sur le sol » ne fut pas pleinement opérationnel malgré les nombreuses modifications intervenues dans les mesures d'exécution. C'est pourquoi, en exécution du souhait pré rappelé du 1er Congrès Ordinaire du Mouvement Populaire de la Révolution.

Comme nous renseigne l'exposé de motif de la loi n° 73-021 du 20 juillet 1973 portant régime général des biens, régime foncier et immobilier et régime des suretés, telle que modifiée et complétée par la loi n°80-008 du 18 juillet 1980 de la loi foncière : « *la nouvelle loi répond au souci du Premier Congrès Ordinaire du Mouvement Populaire de la Révolution (M.P.R) de voir le Conseil Législatif National « terminer rapidement l'élaboration de la loi fixant les modalités du régime foncier et minier ».* Elle a été élaborée conformément aux articles 14, 14 bis et 46 de la Constitution et aux directives et options fixées par le Bureau Politique du Parti ».

Le droit de propriété dans son acception générale a été maintenu. Il y a néanmoins lieu de considérer que son champ d'application a été réduit. En effet, en matière foncière, l'appropriation privative du sol a été abolie, car le sol est devenu, suite à l'option du Bureau Politique, propriété inaliénable de l'Etat. Les autres propriétaires d'hier (indigènes et non-indigènes ne peuvent que détenir le droit de jouissance par la concession. La concession est dite perpétuelle s'il s'agit des congolais et ordinaires s'il s'agit des étrangers.

Les modifications les plus importantes introduites par les textes qui sont soumis concernent le droit foncier. Le régime légal des cessions et concessions des terres domaniales actuellement en vigueur est à peu de choses près, celui que nous a légué le législateur colonial. Aussi convient-il, avant d'exposer les grandes lignes du régime foncier et immobilier destiné à le remplacer, de retracer brièvement les principes essentiels de la législation actuelle.

Dans leur ensemble, ces règles n'ont subi que des modifications de détail qui n'altèrent pas leur essence. Il est néanmoins important d'interpréter ces règles chaque fois qu'elles se rapportent à un bien immobilier par nature dans la nouvelle optique de la propriété exclusive et de l'inaliénabilité des immeubles par nature dans le chef de l'Etat.

En matière de garantie et de transmission de la propriété immobilière, le titre valable est certificat d'enregistrement. La loi a posé l'obligation pour le conservateur de mentionner séparément les données relatives au droit de jouissance concédé par l'Etat et les immeubles qui sont une propriété séparée.

En matière de compétence foncière, l'article 183 de la loi foncière donne les autorités compétentes pour attribuer de concessions. Il s'agit :

Pour les terres gérées par les administrations publiques, les concessions ne sont valables que si elles sont accordées :

1. Par contrat approuvé par une loi, pour les blocs de terres rurales, égaux ou supérieurs à deux mille hectares et pour les blocs de terres urbaines égaux ou supérieurs à cent hectares ;

²⁷ Th. LWANGO, *Op.cit.*, p.3

²⁸ Il s'est agi plutôt de l'ordonnance-loi n° 66-343 du 7 juin 1966, M.C., n° 15, 15 août 1966, p. 560, connue sous l'appellation de « loi Bakajika » [du nom du député, auteur du projet]. V oy. Kangulumba Mbambi, V., Précis, op. cit., avant-propos.

2. Par contrat validé par ordonnance du président de la république pour les blocs de terres rurales supérieures à mille hectares et inférieures à deux mille hectares et pour les blocs de terres urbaines supérieures à cinquante hectares et inférieures à cent hectares ;
3. Par contrat validé par arrêté du commissaire d'état ayant les affaires foncières dans ses attributions pour les blocs de terres rurales de plus de deux cents hectares n'excédant pas mille hectares et pour les blocs de terres urbaines de plus de dix hectares mais n'excédant pas cinquante hectares ;
4. Par contrat signé par le Commissaire de région pour les blocs de terres rurales égaux ou inférieurs à deux cents hectares et pour les blocs de terres urbaines égaux ou inférieurs à dix hectares.

Pour les terres rurales de moins de dix hectares et les terres urbaines de moins de cinquante ares, le Commissaire de région peut déléguer ses pouvoirs au Conservateur des titres immobiliers.

En ce qui concerne la ville de Kinshasa, les pouvoirs prévus au paragraphe 4° ci-dessus sont exercés par le Commissaire d'Etat ayant les affaires foncières dans ses attributions pour les terrains dont la superficie excède 2 hectares ; il peut déléguer ses pouvoirs au Chef de division des Terres dans les autres cas.

4.2.1 RÉPARTITION DU DOMAINE FONCIER

Le fameux article qui a dépossédé les autres parties prenantes de la propriété du sol est l'article 53 qui stipule que le sol est la propriété exclusive, inaliénable et imprescriptible de l'État. Ainsi donc, le patrimoine foncier de l'État comprend un domaine public et un domaine privé.

4.2.1.1 DU DOMAINE PUBLIC DE L'ÉTAT

Selon l'article 55 de la loi foncière, le domaine foncier public de l'État est constitué de toutes les terres qui sont affectées à un usage ou à un service public. Ces terres sont inconcessibles tant qu'elles ne sont pas régulièrement désaffectées. La procédure de désaffectation consiste donc à faire quitter un espace des terres qui était dans le domaine public pour le rendre dans le domaine privé enfin que cet espace devienne concessible.

Les terres qui font partie du domaine public de l'État sont régies par les dispositions particulières aux biens affectés à un usage ou à un service public. Ainsi donc, selon l'article 10 de la même loi stipule que « *les biens de l'État qui sont affectés à un usage ou à un service public sont hors commerce, tant qu'ils ne sont pas régulièrement désaffectés* ».

4.2.1.2 DU DOMAINE PRIVÉ DE L'ÉTAT

Comme nous renseigne l'article 57 de la loi foncière, les terres du domaine privé de l'État peuvent faire l'objet d'une concession perpétuelle, d'une concession ordinaire ou d'une servitude foncière. Mais, lorsque les concessions portent sur un fonds entièrement ou partiellement inculte, elles sont soumises à la condition de mise en valeur. Celle-ci est déterminée suivant les régions, la nature et la vocation du fonds concédé, les plans de développement économique ainsi que les normes d'urbanisme et d'hygiène. En cas de mise en valeur partielle, la concession peut être réduite à due proportion. En cas de cession du droit de concession, les obligations du concessionnaire originaire sont imposées au nouvel acquéreur, sauf dispositions contractuelles contraires²⁹.

Quant à leur vocation, les terres sont destinées à un usage résidentiel, commercial, industriel, agricole ou d'élevage. Mais au de-là de ces deux types du domaine de l'État, les particuliers détiennent eux aussi certains droits fonciers.

4.2.1.3 QUID DES PARTICULIERS ?

Comme stipule l'article 53 de la loi foncière, toutes les terres appartiennent à l'Etat, les particuliers n'ont plus la possibilité d'avoir le droit de la propriété. La propriété est composée de 3 éléments qui sont le usus, fructus et l'abusus. Cependant seul l'Etat possède la propriété dans son ensemble et les particuliers les deux premiers éléments.

²⁹ Article 58 de la loi foncière.

En effet, le usus signifie le droit d'usage, le fructus signifie le droit de jouissance et l'abusus le droit de disposition. Signalons cependant que l'Etat bien que possède le droit de disposition, celui-ci n'est peut-être exercé dans son sens strict car l'Etat ne peut pas vendre ou aliéner. Donc cette forme de propriété est propre à son genre ou « sui generis ».

5 CONCLUSION

Pendant la période coloniale, la politique de Léopold II, Roi des Belges, était consacrée à l'occupation des terres. Ce qui avait obligé l'Etat à orienter ses efforts vers les activités immédiatement rentables en encourageant les entreprises privées à se livrer au commerce des matières premières. Cette importance a été même comprise par le Roi Léopold II qui, lors de la proclamation de l'Etat indépendant du Congo fit promulguée une ordonnance relative à l'occupation de la terre le 1^{er} juillet 1885. D'autres lois se sont succédées abordant toujours dans le sens de la protection et accession de la terre. C'est ainsi que nous sommes passés de la loi consacrant deux régimes : le régime des indigènes et non indigènes ainsi que des terres domaniales à celui consacré par l'actuelle loi dite foncière : la domanialisation des toutes les terres de la République qui deviennent alors patrimoine national dont les particuliers n'ont que le droit de jouissance et non de propriété. Nous estimons que la loi coloniale du Congo belge en matière de propriété foncière des indigènes congolais est plus douce que celle élaborée par l'actuel législateur.

REFERENCES

- [1] Ordonnance-loi n° 66-343 du 7 juin 1966, M.C., n° 15, 15 août 1966, p. 560.
- [2] Ordonnance du 1er juillet 1885.
- [3] Traité de Cession de l'Etat indépendant du Congo à la Belgique, approuvé par la loi du 18 octobre 1908, Pasiti., 1908, n° 265.
- [4] Loi n° 73-021 du 20 juillet 1973 portant régime général des biens, régime foncier et immobilier et régime des suretés telle que modifiée et complétée par la loi n° 80-008 du 18 juillet 1980 in Journal Officiel n° Spécial 1^{er} décembre 1974.
- [5] Al. CIRHUZA, *De la souverainete permanente de la R.D.C sur ses richesses et ses ressources naturelles: examen de l'article 09 de la constitution du 18/02/2006, Mémoire de Licence, Université Catholique de Bukavu, 2006 in Institut numerique, <http://www.institut-numerique.org/2-comparaison-loi-bakajika-face-a-la-souverainete-permanente-5241ac6f40b14>, consulté le 01 Décembre 2017 à 12h 47.*
- [6] C. COQUERY, *Le régime foncier rural en Afrique noire*, Karthala: 22-24, Paris, sine data.
- [7] C. DMOERGUE et A. MPOYI, "La Gestion des Ressources Naturelles pour une croissance durable", dans Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba et Moïse Tshimenga Tshibangu (éditeurs), *Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo*, Volume II : Etudes sectorielles, MÉDIASPAUL, Kinshasa, 2012, pages 99-183.
- [8] C.M. WHITE, *African Land Tenure in Northern Rhodesia*, Journal of African Administration 11(4), 1959, pp. 171-178.
- [9] CORNU, *Vocabulaire juridique*, éd. Pud., Paris 2007.
- [10] G. KALAMBAY, *Droit civil congolais*, t. 2, Droit foncier et immobilier, Ed. Mafundisho, Kinshasa, 1995
- [11] G. KOUASSIGAN, *Objet et évolution des droits fonciers coutumiers*, In G. Kouassigan (ed.), *Encyclopédie Juridique de l'Afrique* (Tome cinquième: Droit des Biens). Abidjan et Dakar, Les Nouvelles Editions Africaines, 1982, pp. 29-47.
- [12] G. SAKATA, *Le droit forestier en République Démocratique du Congo*, Etudes juridiques de la FAO en ligne juin 2008, p.7.
- [13] J. NGOMSIK, *Evolution dans la région de l'Afrique centrale des règles foncières et d'urbanisme : l'exemple du Cameroun*, Droit Public, Université de LIMOGES, 2012, pp 108 et suivants.
- [14] JP. DE BANDT, *la jurisprudence belge de quelques problèmes de succession d'Etat à la suite de l'accession à l'indépendance de la République du Congo (Léopoldville)*,
- [15] L. DE CLERCK, *L'administration coloniale belge sur le terrain au Congo (1908-1960) et au Ruanda-Urundi (1925-1962)*, Publié dans l'Annuaire d'Histoire administrative européenne N° 18/2006.
- [16] Pierre-André CÔTÉ avec la collab. de Stéphane BEAULAC et Mathieu DEVINAT, *Interprétation des lois*, 4^e éd., Montréal, Thémis, 2009, n°1549.
- [17] Pr. NOBIRABO, *Dépossession des droits fonciers des autochtones en RDC : perspectives historiques et d'avenir, Forest Peoples Programme*, in Les droits fonciers et les peuples des forêts d'Afrique Perspectives historiques, juridiques et anthropologiques, septembre 2008.
- [18] Th. LWANGO, *Analyse du code foncier et évolution de la législation foncière en République Démocratique du Congo*, Texte tiré des actes de la Table ronde organisée à Bukavu par l'IFDP du 10 au 11 mai 2010.
- [19] UNESCO, *le droit de la terre en Afrique (au sud du Sahara)*, PARIS EDITIONS G.-P. MAISONNEUVE ET LAROSE, 1971.

Theoretical study of weak interactions between condensed tannins and salivary proteins : Case of catechin and epicatechin with proline

Amon Benjamine ASSOMA, Akpa Eugène ESSOH, Kicho Denis YAPO, and Boka Robert N'GUESSAN

Laboratory of Organic Chemistry and Natural Substances, UFR-SSMT, Félix Houphouët-Boigny University
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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 weak hydrogen bond interactions of two stereoisomeric flavanols (catechin and epicatechin) and proline, one of the most abundant amino acids in salivary proteins, have been theoretically investigated by the DFT methods with bases 6-31 G (d,p) and 6-31 + G (d,p). Geometric, energy and spectroscopic parameters were calculated. These confirm the formation of complexes by moderate hydrogen bonds between the hydroxyl groups of catechin or epicatechin with the heteroatoms Nsp3, Osp2 and Osp3 of proline. Also, this study establishes that the complexes formed with the proline heteroatoms Nsp3 and Osp2 are the most stable.

KEYWORDS: catechin, epicatechin, proline, flavanol, amino acid.

1 INTRODUCTION

Polyphenols are a large family of compounds represented by phenolic acids, hydroxycinnamic acids, phenylacetic acids, acetophenones, coumarins, xanthenes, stilbenes and flavonoids. These are the most common secondary metabolites in plants [1],[2],[3],[4]. Several studies have shown the beneficial effects of eating foods rich in polyphenols. Indeed, they have an ability to trap free radicals that can reduce the risk of cardiovascular disease and cancer [5],[6],[7]. They accelerate the healing rate of superficial wounds by 50% [8].

Condensed tannins such as catechin and epicatechin belong to the flavonoid group. They are found in many fruits, vegetables, seeds and spices [9]. The great diversity of their structure gives them properties such as solubility and polarisability. These properties allow them to interact with each other and with other molecules around them. The high number of hydroxyl groups they possess makes them capable of interacting with proteins. However, tannins would act as inhibitors of protein digestion by binding to both digestive enzymes and food bowl proteins [10].

In addition, the physiological roles of saliva are partly attributable to salivary proteins rich in proline [11]. Due to their importance for the taste and nutritional qualities of foods, interactions between proteins and polyphenols have been the subject of much research [12],[13]. However, proteins rich in proline remain poorly studied.

Our objective is therefore to study, with the theoretical method, the weak interactions by hydrogen binding between catechin, epicatechin and proline in order to determine the stability of the resulting complexes. This would put us on the likely complexes that would form in the mouth. This study consists of an optimization of geometry followed by the calculation of gas phase frequencies at the theory levels B3LYP 6-31 G (d,p) and B3LYP 6-31 G + (d,p), initially, catechin, epicatechin and proline, taken individually. Then, in a second step, these calculations will be followed by catechin-proline and epicatechin-proline complexes.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE COMPLEXES

Quantum chemistry calculations are widely used to accurately determine the nature of weak interactions, in this case hydrogen bonds between different molecules [14],[15]. In this work, we considered only cases of hydrogen binding formation between hydrogen binding donor sites from catechin or epicatechin hydroxyl groups and proline hydrogen binding acceptor sites Nsp3 nitrogen, Osp3 oxygen (O-H) and Osp2 oxygen (O=C), because in the case of condensed tannins, complexes are generally formed at hydroxyl groups [16]. The hydrogen binding donor sites are the hydroxyl groups O3-H, O5-H, O7-H, O4'-H and O5'-H (Fig.1). Thus, the hydrogen bond is defined as O-H...N or O-H...O (Fig.2).

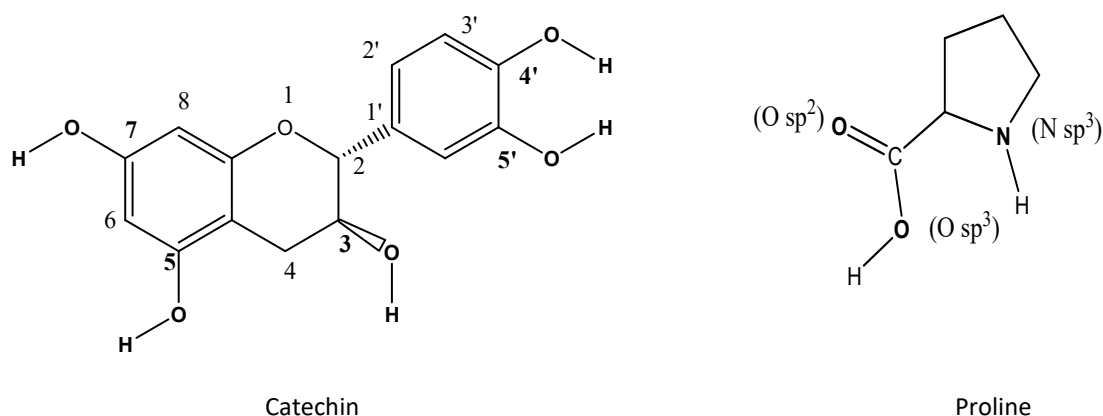


Fig. 1. Hydrogen binding donor and acceptor sites

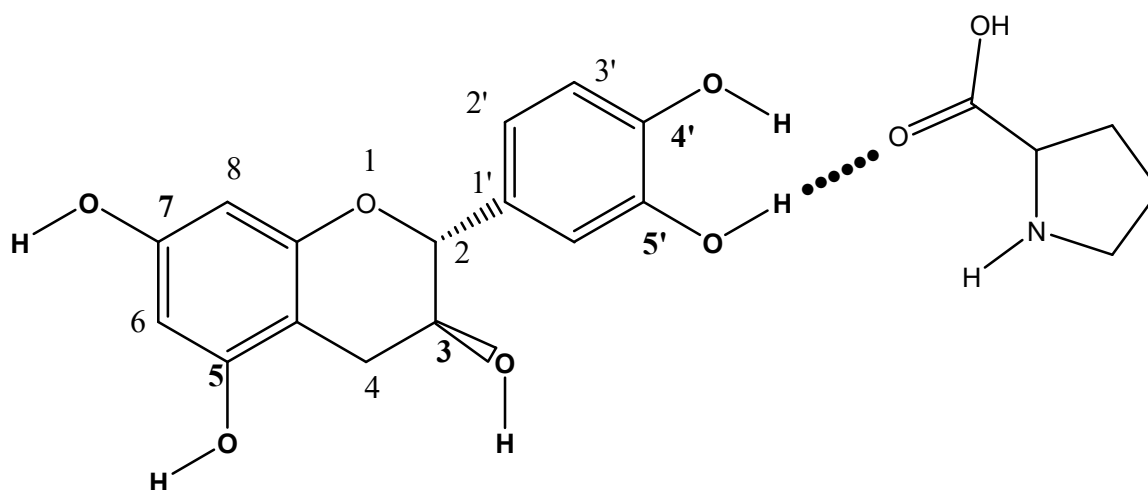


Fig. 2. Interaction by hydrogen bonding between an O5'-H catechin donor site and an Osp2 proline acceptor site rated O5'-H.....Osp2

2.2 CALCULATION METHODS

Studying all these complexes at the same level of theory allows us to analyze their relative stability in terms of binding site properties. This theoretical study was carried out using the GAUSSIAN 09 software. The calculations were carried out in the gas phase at the theory levels B3LYP/ 6-31 G (d,p) and B3LYP/ 6-31 + G (d,p) in order to evaluate whether or not a diffuse function was taken into account during these interactions. Thus, we were interested in geometric and energetic parameters, as well as infrared (IR) vibration frequencies and their intensities.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 GEOMETRIC PARAMETERS

We determined the lengths of the intramolecular O-H bonds in catechin and epicatechin on the one hand, and in the complexes on the other hand in order to evaluate the effect of the hydrogen bond on these bonds. This parameter is noted d_{intra} .

We also evaluated the length of the different hydrogen bonds (d_{inter}) which play an important role in the stability of the complexes.

In addition, we examined the binding angle between the donor atom, the hydrogen atom H and the accepting atom. This angle, noted α , is called the linearity angle. The hydrogen bond will be all the more stable if the donor and acceptor atoms are aligned, i. e. $\alpha = 180^\circ$ [17].

Before the complex optimization, the intermolecular distance and linearity angle were set at 2 Å and 180° respectively. These values correspond to the average distance and angle that characterize a strong hydrogen bond [17].

3.1.1 INTRAMOLECULAR BONDS

The lengths of the intramolecular bonds calculated for catechin and epicatechin for the different levels of theory (B3LYP/6-31 G (d,p) and B3LYP/6-31 G+ (d,p)) are contained in Table 1. In comparison with the complex values, for catechin (Table 1), all O-H bonds increase for each of the two levels of theory. Table 1 shows that the hydrogen bond formed with the heteroatom Nsp3 has the highest O-H bond lengths. This increasing is further enhanced with the level of theory B3LYP/6-31 G + (d,p). Then comes the heteroatom Osp2 and finally Osp3. This corresponds to the following order of magnitude: Nsp3 > Osp2 > Osp3. At the Nsp3 heteroatom, the deviations are 0.012 Å for the O3-H bond, 0.031 Å for the O5-H bond, 0.025 Å for the O7-H bond, and 0.033 Å for the O4'-H and O5'-H bonds, at the B3LYP/6-31 G (d,p) theory level. However, these deviations are 0.028 Å for the O3-H bond, 0.033 Å for the O5-H bond, 0.025 Å for the O7-H bond, 0.035 Å for the O4'-H bond and 0.036 Å for the O5'-H bond, at B3LYP/6-31 G + (d,p) theory level. This indicates that the O4'-H and O5'-H bonds are increasing significantly.

The same observations are made in the case of epicatechin. For the heteroatom Nsp3, the deviations are 0.015 Å for the O3-H bond, 0.030 Å for the O5-H and O5'-H bonds, 0.031 Å for the O7-H bond, and 0.039 Å for the O4'-H bond, at the B3LYP/6-31 G (d,p) theory level. These deviations, at the level of theory B3LYP/6-31 G + (d,p) are 0.017 Å for the O3-H bond, 0.033 Å for the O5-H and O7-H bonds, 0.040 Å for the O4' -H bond and 0.032 Å for the O5' -H bond. Thus, the O5-H, O7-H and O4'-H bonds are the highest.

Table 1. Lengths of intramolecular bonds in Å

Bond O-H	B3LYP 6-31 G (d,p)				B3LYP 6-31+ G (d,p)			
	d _{intra} mono mer	d _{intra} Complexe Nsp ³ Osp ³ Osp ²			d _{intra} mono mer	d _{intra} Complexe Nsp ³ Osp ³ Osp ²		
Catechin								
O ₃ —H	0,968	0,980	0,970	0,981	0,968	0,990	0,980	0,978
O ₅ —H	0,966	0,997	0,971	0,986	0,966	0,999	0,971	0,983
O ₇ —H	0,966	0,991	0,973	0,979	0,966	0,991	0,972	0,979
O _{4'} —H	0,965	0,998	0,972	0,986	0,965	1,000	0,972	0,983
O _{5'} —H	0,969	1,002	0,971	0,982	0,969	1,005	0,971	0,982
Epicatechin								
O ₃ —H	0,968	0,983	0,973	0,975	0,968	0,985	0,973	0,975
O ₅ —H	0,966	0,996	0,972	0,984	0,966	0,999	0,969	0,982
O ₇ —H	0,966	0,997	0,971	0,979	0,966	0,999	0,971	0,978
O _{4'} —H	0,965	1,004	0,974	0,979	0,965	1,005	0,973	0,978
O _{5'} —H	0,969	0,999	0,974	0,983	0,969	1.001	0,973	0,978

3.1.2 INTERMOLECULAR BOND (HYDROGEN BOND) AND BINDING ANGLES

The lengths of the intermolecular bond and the values of the binding angles are contained in Tables 2 and 3. The values of the lengths of the intermolecular bonds are between 1.734 and 2.274 Å for catechin, and between 1.746 and 2.030 Å for epicatechin at the B3LYP/6-31 G (d,p) theory level. However, they are between 1.742 and 3.162 Å for catechin, and between 1.745 and 2.052 Å for epicatechin for calculations at the B3LYP/6-31+G (d,p) theory level (Table 3). They indicate that hydrogen bonds are indeed established between catechin and proline, also between epicatechin and proline. Most of these hydrogen bonds can be considered moderate because they are located between 1.5 and 2.2 Å [17,18]. Compared to the two levels of theory, the intermolecular distances are approximately equal for interactions with the Nsp3 and Osp3 sites of proline while differences are observed with the Osp2 site. These values also reveal that for the same hydrogen donor site, the Nsp3 acceptor site gives a shorter distance than the Osp3 and Osp2 acceptor sites for both catechin and epicatechin. This corresponds to the following order of magnitude: Nsp3 < Osp2 < Osp3. The complexes formed by catechin and epicatechin with proline at the nitrogen level will therefore be more stable compared to the others. Indeed, the shorter the hydrogen bond, the more stable the complex formed [15].

The calculated binding angles are between 138 and 172° for catechin and between 135 and 171° for epicatechin, at the B3LYP/6-31 G (d,p) theory level. These angles are between 120 and 173° for catechin and between 135 and 173° for epicatechin, at the B3LYP/6-31 + G (d,p) theory level. In general, the binding angle for strong hydrogen bonding varies from 170 to 180° [15],[17],[18] and for moderate bonding from 130 to 180°. This confirms that the hydrogen bonds between catechin and proline, and between epicatechin and proline are indeed moderate hydrogen bonds. The binding angles at the Nsp3 acceptor site are almost linear, so they will give the most stable binding.

Table 2. Lengths of intermolecular bonds (Å) and angles of bond (°) of catechin complexes

Catechin-proline Complexe	B3LYP 6-31 G (d,p)		B3LYP 6-31+ G (d,p)	
	d _{inter}	α	d _{inter}	α
O ₃ —H.....Nsp ³	1,989	154	1,862	161
O ₅ —H.....Nsp ³	1,786	168	1,779	171
O ₇ —H.....Nsp ³	1,929	166	1,850	167
O _{4'} —H.....Nsp ³	1,800	166	1,794	171
O _{5'} —H.....Nsp ³	1,734	166	1,742	165
O ₃ —H.....Osp ³	2,274	149	3,162	120
O ₅ —H.....Osp ³	1,957	168	1,978	170
O ₇ —H.....Osp ³	1,925	164	1,969	170
O _{4'} —H.....Osp ³	1,914	172	1,943	172
O _{5'} —H.....Osp ³	1,979	159	2,009	173
O ₃ —H.....Osp ²	1,957	138	3,162	131
O ₅ —H.....Osp ²	1,807	148	1,978	145
O ₇ —H.....Osp ²	1,849	159	1,877	159
O _{4'} —H.....Osp ²	1,811	147	1,943	145
O _{5'} —H.....Osp ²	1,830	156	2,009	156

Table 3. Lengths of intermolecular bonds (Å) and angles of bond (°) of epicatechin complexes

Epicatechin-proline Complexe	B3LYP 6-31 G (d,p)		B3LYP 6-31+ G (d,p)	
	d _{inter}	α	d _{inter}	α
O ₃ —H.....Nsp ³	1.935	154	1.934	167
O ₅ —H.....Nsp ³	1.792	168	1.785	171
O ₇ —H.....Nsp ³	1.774	164	1.774	164
O _{4'} —H.....Nsp ³	1.746	163	1.745	167
O _{5'} —H.....Nsp ³	1.764	169	1.764	171
O ₃ —H.....Osp ³	1.984	167	2.027	157
O ₅ —H.....Osp ³	1.955	171	2.001	171
O ₇ —H.....Osp ³	1.959	165	1.981	171
O _{4'} —H.....Osp ³	1.882	168	1.930	173
O _{5'} —H.....Osp ³	2.030	161	2.052	160
O ₃ —H.....Osp ²	1.912	156	1.940	156
O ₅ —H.....Osp ²	1.828	147	1.879	143
O ₇ —H.....Osp ²	1.842	160	1.874	159
O _{4'} —H.....Osp ²	1.789	169	1.811	169
O _{5'} —H.....Osp ²	1.927	135	1.927	135

3.2 ENERGY PARAMETERS

The energy parameters determined are the variations of the thermodynamic enthalpy quantities related to the complexing by hydrogen bonding of the sites considered and the interaction energy.

3.2.1 VARIATIONS IN THERMODYNAMIC ENTHALPY BQUANTITIES

These variations are calculated from the following relationship:

$$\Delta H = H(\text{Complexe}) - \sum H(\text{monomer}) \quad (1)$$

The results are contained in Table 4. All enthalpy values (ΔH) are negative, meaning that the complexing reactions of catechin and epicatechin with proline are exothermic for each of the theory levels B3LYP/6-31 G (d,p) and B3LYP/6-31 + G (d,p). The complexes formed will therefore be thermodynamically stable. The more negative the complexing energy, the more thermodynamically stable (favourable). Thus the calculations at the level of theory B3LYP/6-31 + G (d,p) show that the complexes formed between catechin and proline will be more stable with Nsp3 and Osp2 atoms (Table 4). The complexation enthalpies for these Nsp3 and Osp2 sites are in the range of 20 to 35 kJ/mol. Interactions with these two acceptance sites are moderate hydrogen bonds [19]. With the Nsp3 heteroatom, the lowest value is observed with the hydroxyl group O5-H (-34.77 kJ/mol), followed by the hydroxyl groups O5'-H (-28.99 kJ/mol) and O4'-H (-28.36 kJ/mol). These same observations are made with calculations at the theory level B3LYP/6-31 G (d,p). However, the complexation enthalpies are lower with the theory level B3LYP/6-31 G (d,p).

At the epicatechin level, the smallest values are observed with the Nsp3 heteroatom for both calculation levels: they are O4'-H (-39.03 kJ/mol), O7-H (-34.43 kJ/mol), after O5-H (-34.08 kJ/mol) at the theory level B3LYP/6-31 + G (d,p).

These statements are confirmed by the values of the complexation enthalpies obtained at the B3LYP/6-31 G (d,p) theory level. These complexation enthalpies are lower compared to those obtained at the B3LYP/6-31 + G (d,p) theory level.

Table 4. Complexation enthalpies of catechin complexes

Complexation enthalpies ΔH (kJ/mol)		
Catechin- proline Complexes	B3LYP 6-31 G (d,p)	B3LYP 6-31+ G (d,p)
O ₃ -H.....Nsp ³	-43.09	-23.13
O ₅ -H.....Nsp ³	-52.12	-34.77
O ₇ -H.....Nsp ³	-39.08	-20.15
O _{4'} -H.....Nsp ³	-56.72	-28.36
O _{5'} -H.....Nsp ³	-45.85	-28.99
O ₃ -H.....Osp ³	-30.31	-19.37
O ₅ -H.....Osp ³	-27.67	-9.44
O ₇ -H.....Osp ³	-25.46	-10.78
O _{4'} -H.....Osp ³	-29.18	-10.46
O _{5'} -H.....Osp ³	-33.69	-12.89
O ₃ -H.....Osp ²	-44.60	-21.70
O ₅ -H.....Osp ²	-47.94	-25.45
O ₇ -H.....Osp ²	-47.44	-24.71
O _{4'} -H.....Osp ²	-55.68	-30.46
O _{5'} -H.....Osp ²	-41.80	-20.79

Table 5. Complexing enthalpies of epicatechin complexes

Complexation enthalpies ΔH (kJ/mol)		
Epicatechin-proline Complexes	B3LYP 6-31 G (d,p)	B3LYP 6-31 + G (d,p)
O ₃ -H.....Nsp ³	-25.22	-9.33
O ₅ -H.....Nsp ³	-50.84	-34.08
O ₇ -H.....Nsp ³	-51.24	-34.43
O _{4'} -H.....Nsp ³	-56.56	-39.03
O _{5'} -H.....Nsp ³	-30.33	-11.84
O ₃ -H.....Osp ³	-29.66	-7.19
O ₅ -H.....Osp ³	-29.99	-10.72
O ₇ -H.....Osp ³	-27.00	-8.04
O _{4'} -H.....Osp ³	-28.80	-12.62
O _{5'} -H.....Osp ³	-45.50	-21.30
O ₃ -H.....Osp ²	-34.41	-14.10
O ₅ -H.....Osp ²	-57.71	-31.38
O ₇ -H.....Osp ²	-48.54	-25.35
O _{4'} -H.....Osp ²	-40.82	-21.01
O _{5'} -H.....Osp ²	-39.10	-8.31

3.2.2 INTERACTION ENERGY

Since in the complex each molecular orbital is developed in a broader base than that of monomers, this results in excessive stabilization of the complex. This excessive stabilization has been corrected by taking into account the overlay error of the bases or BSSE (Basis Set Superposition Error) [20]. The interaction energy E_{int} is calculated from the relationship :

$$E_{\text{int}} = E(\text{complex}) - \sum E(\text{monomer}) + E_{\text{BSSE}} \quad (2)$$

The results are reported in Tables 6 and 7. The interaction energies are all negative. In the case of interactions between catechin and proline, they range from -53.92 and -22.17 kJ/mol in base 6-31G(d,p), and from -41.5 to -15.84 kJ/mol in base 6-31+G(d,p). For epicatechin-proline complexes, the interaction energies are between -53.70 and -21.14 kJ/mol for calculations in the 6-31G(d,p) base; they vary from -46.16 to -13.42 kJ/mol in the 6-31G(d,p) base. In the case of both catechins and epicatechins, taking into account the diffuse function leads to an increase in the energy of interaction. This justifies the effects of free heteroatom doublets on weak interactions, in this case hydrogen bonds. The interaction energies of the Nsp3 and Osp2 accepting sites give lower interaction energies, compared to those of the Osp3 site. The complexes formed with Nsp3 and Osp2 sites are more stable than those formed with Osp3 site. The sites of catechins and epicatechins giving more stable complexes are in increasing order O4'-H, O5-H and O7-H.

Table 6. Interaction energy of catechin complexes

Interaction energy E_{int} (kJ/mol)		
Catechin - proline Complexes	B3LYP 6-31G(d,p)	B3LYP 6-31+G(d,p)
O ₃ —H.....Nsp ³	-40.12	-23.78
O ₅ —H.....Nsp ³	-49.01	-41.95
O ₇ —H.....Nsp ³	-36.21	-27.65
O _{4'} —H.....Nsp ³	-53.92	-35.58
O _{5'} —H.....Nsp ³	-41.76	-35.05
O ₃ —H.....Osp ³	-26.22	-21.78
O ₅ —H.....Osp ³	-24.12	-15.84
O ₇ —H.....Osp ³	-22.17	-16.60
O _{4'} —H.....Osp ³	-25.62	-17.33
O _{5'} —H.....Osp ³	-29.57	-18.50
O ₃ —H.....Osp ²	-42.08	-24.58
O ₅ —H.....Osp ²	-22.37	-31.79
O ₇ —H.....Osp ²	-43.89	-31.34
O _{4'} —H.....Osp ²	-53.00	-37.66
O _{5'} —H.....Osp ²	-38.28	-27.24

Table 7. Interaction energy of epicatechin complexes

Interaction energy E_{int} (kJ/mol)		
Epicatechin- proline Complexes	B3LYP 6-31G(d,p)	B3LYP 6-31+G(d,p)
O ₃ —H.....Nsp ³	-22.53	-16.97
O ₅ —H.....Nsp ³	-47.85	-41.14
O ₇ —H.....Nsp ³	-48.43	-41.71
O _{4'} —H.....Nsp ³	-53.70	-46.16
O _{5'} —H.....Nsp ³	-26.56	-18.58
O ₃ —H.....Osp ³	-25.60	-13.42
O ₅ —H.....Osp ³	-26.01	-16.91
O ₇ —H.....Osp ³	-23.44	-14.83
O _{4'} —H.....Osp ³	-21.14	-18.95
O _{5'} —H.....Osp ³	-42.95	-28.72
O ₃ —H.....Osp ²	-30.94	-20.39
O ₅ —H.....Osp ²	-52.12	-38.27
O ₇ —H.....Osp ²	-44.84	-32.07
O _{4'} —H.....Osp ²	-38.63	-28.55
O _{5'} —H.....Osp ²	-35.35	-14.02

3.3 IR VIBRATION FREQUENCIES AND THEIR INTENSITIES

The extension of a covalent bond is often used as an indicator of the presence of hydrogen bond in complexes [21]. Indeed when the spectroscopic parameters of the free X-H group and those of the X-H group in a hydrogen bond (X-H...Y) are compared, we generally observe a decrease in elongation frequency and an increase in vibration intensity [22].

Catechin and epicatechin are made up of 35 atoms. they have $3N-6 = 99$ normal modes of vibration. The proline has 17 atoms. which gives 45 normal vibration modes. All calculated vibration frequencies are positive. which corresponds to the minimum potential for molecules and complexes. We were particularly interested in the O-H elongations (ν_{O-H}) of catechin and epicatechin because they are involved in complexing with proline. The results are presented in Tables 8 and 9.

In the catechin molecule the $\nu\text{O-H}$ elongations are between 3783 cm^{-1} and 3843 cm^{-1} . In the catechin-proline complex, they range from 3103 cm^{-1} to 3754 cm^{-1} . So there is a decrease in frequency when you go from the catechin molecule to the complex. In addition, we are seeing a significant increase in IR intensities. These variations are due to the presence of hydrogen bonds [23].

The same remarks are made in the case of epicatechin. Indeed, the $\nu\text{O-H}$ elongations are between 3782 cm^{-1} and 3843 cm^{-1} in the epicatechin molecule and between 3076 cm^{-1} and 3729 cm^{-1} in the complexes.

Specifically, the Nsp3 and Osp2 acceptor sites have the lowest frequencies and highest IR intensities (Figure 9) for both catechin and epicatechin.

Table 8. IR vibration frequencies (cm^{-1}) and their intensity (in brackets) in catechin and catechin-proline complexes

	Elongations O-H	Catechin	Catechin-Proline Complex		
			Nsp ³	Osp ³	Osp ²
B3LYP 6-31 G (d,p)	$\nu\text{O}_3\text{—H}$	3797 (20)	3532 (555)	3754 (115)	3583 (519)
	$\nu\text{O}_5\text{—H}$	3827 (52)	3194 (1927)	3725 (542)	3517 (1712)
	$\nu\text{O}_7\text{—H}$	3825 (51)	3306 (1865)	3699 (574)	3580 (1146)
	$\nu\text{O}_{4'}\text{—H}$	3843 (70)	3191 (1022)	3708 (656)	3505 (1910)
	$\nu\text{O}_{5'}\text{—H}$	3783 (96)	3103 (2051)	3729 (625)	3531 (2099)
B3LYP 6-31 G + (d,p)	$\nu\text{O}_3\text{—H}$	3803 (28)	3347 (1101)	3805 (35)	3647 (361)
	$\nu\text{O}_5\text{—H}$	3833 (69)	3149 (2379)	3725 (614)	3547 (1773)
	$\nu\text{O}_7\text{—H}$	3830 (67)	3307 (1857)	3720 (570)	3600 (1095)
	$\nu\text{O}_{4'}\text{—H}$	3845 (87)	3143 (2288)	3717 (700)	3538 (1574)
	$\nu\text{O}_{5'}\text{—H}$	3788 (119)	3058 (1473)	3747 (824)	3529 (2149)

Table 9. IR vibration frequencies (cm^{-1}) and their intensity (in brackets) in epicatechin and epicatechin-proline complexes

	Elongations O-H	Epicatechin	Epicatechin-Proline Complex		
			Nsp ³	Osp ³	Osp ²
B3LYP 6-31 G (d,p)	$\nu\text{O}_3\text{—H}$	3782 (54)	3485 (763)	3698 (144)	3663 (372)
	$\nu\text{O}_5\text{—H}$	3827 (51)	3209 (2057)	3719 (572)	3512 (1921)
	$\nu\text{O}_7\text{—H}$	3825 (50)	3192 (1904)	3728 (488)	3581 (1149)
	$\nu\text{O}_{4'}\text{—H}$	3843 (71)	3076 (1661)	3682 (748)	3562 (1176)
	$\nu\text{O}_{5'}\text{—H}$	3783 (67)	3173 (2772)	3693 (423)	3549 (1620)
B3LYP 6-31G + (d,p)	$\nu\text{O}_3\text{—H}$	3788 (61)	3442 (885)	3709 (229)	3674 (362)
	$\nu\text{O}_5\text{—H}$	3833 (68)	3163 (2388)	3721 (641)	3551 (1651)
	$\nu\text{O}_7\text{—H}$	3830 (67)	3153 (2201)	3730 (540)	3601 (1088)
	$\nu\text{O}_{4'}\text{—H}$	3844 (88)	3041 (1144)	3704 (750)	3590 (1153)
	$\nu\text{O}_{5'}\text{—H}$	3789 (86)	3133 (1523)	3712 (458)	3618 (1119)

4 CONCLUSION

This work consisted in studying weak interactions, in particular hydrogen bonds between catechin and proline on the one hand, and between epicatechin and proline in the gas phase on the other hand using the DFT method, with the functional B3LYP associated with the two bases 6-31G(d,p) and 6-31+G(d,p). The results show that the hydrogen bond has a significant influence on the geometry and stability of catechin-proline and epicatechin-proline complexes.

At the geometry level, we observe an elongation of the intramolecular O-H bonds of catechin and epicatechin in the complexes. The lengths of intermolecular bonds indicate that the bonds that are established in the complexes are moderate hydrogen bonds. Comparison of these lengths with the three proline accepting sites reveals that the Nsp3 heteroatom gives more stable complexes than the Osp2 and Osp3 heteroatoms.

The enthalpy values (ΔH) reveal that all the complexes formed are thermodynamically stable. The most stable are those formed at the Nsp3 heteroatom level.

The values of the IR vibration frequencies and their intensities indicate a decrease in vibration frequencies and an increase in intensities in complexes. The Nsp3 heteroatom has the best values.

All these observations lead us to affirm that the hydrogen bonds between catechin, epicatechin and proline are of a moderate nature. The most likely are those occurring at the Nsp3 heteroatom level.

In perspective, we plan to resume this study in the water phase to confirm or complete this work. We also plan to study strong interactions.

REFERENCES

- [1] L.Bravo, "Polyphenols: chemistry, dietary sources metabolism, and nutritional significance," *Nutrition Reviews*, vol. 56, no. 11, pp. 317-333, 1998.
- [2] W. Y. Huang, Y. Z. Cai and Y. Zhang, "Natural Phenolic Compound From Medicinal Herb and Dietay Plant: Potential Use for Cancer Prevention," *Nutrition and Cancer*, vol 62, no. 1, pp. 1-20, 2009.
- [3] B. A. Acosta-Estrada, J. A. Gutiérrez-Urbe and S. O. Serna-Saldiva, "Bound phenolics in foods," *Rev.Food Chemistry*, vol. 152, no. pp. 46-55, 2014.
- [4] M. González-Castejon and A. Rodríguez-Casado, "Dietary phytochemicals and their potential effects on obesity," *Rev. Pharmacological Research*, vol. 64, no. 5, pp. 438-455, 2011.
- [5] D.Villano, M. S. F.Pachona, M. L. Moya, A. M.Troncoso and M. C. Garcia Pariila, "Radical scavenging ability of polyphenolic compounds toward DPPH free radical," *Talanta*, vol. 71, no. 1, pp. 230-235, 2007.
- [6] K. I. Pridtadarshini, S. N. Guha and M. N. A. Rao, "Physico-chemical properties and antioxidant activities of methoxyphenol," *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 24, no. 6, pp. 933, 1998.
- [7] R. P. Victor, *Tea in Health and Disease Prevention*, academic press, 2012. .
- [8] Ferhat A. Belhadi M, Evaluation de l'activité cicatrisante et de l'effet anti-inflammatoire de *Carthamus caeruleus* L. <http://dlibrary.univ-boumerdez.dz:8080/handle.French>.
- [9] J. B. Ruidavets, P. L. Teissedre, J. Ferrière and S. Carando, "Catechin in Mediterranean diet: Vegetable, fruit or wine?," *Atherosclerosis*, vol. 153, no. 1, pp. 107-117, 2000.
- [10] W. V. Zucker, "Tannins: Does structure determine function? An ecological perspective," *The American Naturalist*, vol. 121, no. 3, pp. 335-365, 1983.
- [11] H. Mehansho, L. G. Butler and D. M. Carlos, "Dietary Tannin and Salivary Proline-Rich Protein: Interaction, Induction and Defense Mechanism," *Annual Reviews of Nutrition*, vol.7, pp. 423-440, 1987.
- [12] A. Bose, "interaction of tea polyphenol with serum albumins: A fluorescence spectroscopy analysis," *Journal of Luminescence*, vol. 169, pp. 220-226, 2016.
- [13] Z. Yuksel, E. Avci and Y. K. Erdem, "Characterization of binding interactions between green tea flavonoids and milk protein," *Food Chemistry*, vol. 121, no. 2, pp. 450-456, 2010.
- [14] L. Bondesson, K. V. Mikkelsen, Y. Luo, P. Garberg and H. Agren, "Hydrogen bonding effect on infrared and Raman spectra of drug molecules," *Spectrochimica Acta Part A*, vol. 66, no. 2, pp. 213-224, 2007.
- [15] M. Karthika, R. Kanakaraju, L. Senthikumar, "Spectroscopic investigations and hydrogen bond interactions of 8-aza analogues of xanthine, theophylline and caffeine: a theoretical study," *Journal of Molecular Modeling*, vol. 19, no. 4, pp. 1835-1851, 2013.
- [16] E. Mourad, C. Carer, M. Franck and H. Traboulsi, "Complexation of iron (III) by catecholate-type polyphenols," *Inorganica Chimica Acta*, vol. 360, no. 1, pp. 353-359, 2007.
- [17] G. A. Jeffrey, *An introduction to hydrogen bond*, Oxford University Press, 1997.
- [18] T. W. Martin and S. Zygmunt, "the name is bond-H bond," *Nature Structural and Molecular Biology*, vol. 6, pp. 403-404, 1999.
- [19] S. Bratos, H. Ratajczak and P. Viot, *Properties of H-bonding in the infrared spectral range*, 1st ed. Springer, 1991.
- [20] S. F. Boys, F. Bernadi, "the calculation of small molecular interactions by the differences of separate total energies. Some procedures with reduced errors," *Molecular Physics*, vol. 100, no. 1, pp. 65-73, 2002.
- [21] T. Steiner, "Weak hydrogen bonding. Part 1. Neutron diffraction data of amino acid C α -H suggest lengthening of the covalent C-H bond in C-H...O interactions," *Journal of the Chemical Society, Perkin Transaction 2*, vol. 7, pp. 1315-1319, 1995.
- [22] C. Sandorfy, "Vibrational spectra of hydrogen bonded systems in the gas phase," *Topic in Current Chemistry*, vol. 120, pp. 41-84, 1984.
- [23] G. Lichtfus and T. Zeegers-Huyskens, "Spectre infrarouge de basse fréquence de pont d'hydrogène OH-N," *Journal of Molecular Structure*, vol. 9, no. 3, pp. 343-353, 1971.

Etude Comparative des Caractéristiques Mécaniques des Briques en Mortiers de Sable et de Latérite Comprimée Stabilisés au Ciment

[Comparative Study of the Mechanical Characteristics of Sand Mortar and Compressed Lateritic Bricks Stabilized with Cement]

Bozabe Renonet Karka¹, Kinet Ouinra², and Tomtebaye Ngakoutou Fulbert²

¹Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Chad

²Laboratoire de génie civil de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Chad

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study is to determine the dry and wet mechanical resistances after immersion in water of bricks of 15 x 20 x 40 cm³ in sand mortar (cinder blocks) and 10 x 14 x 28 cm³ compressed lateritic mortar bricks (BTC) stabilized with cement. The experimental results obtained show that the 28-day compressive strength values of the 12% cinder blocks and those of the 10% cement Btcs are respectively 2.55 MPa and 7.90 MPa. These values are in accordance with the normative values recommended by the Building Materials Centre (CMC) in N'Djamena (2.4 MPa) and the Land Materials Research Centre (CRATERre) (5 MPa). In the presence of moisture, the loss of resistance is only 28% for BTC and 46% for cinder blocks. Also, the bricks have a suction capacity ranging from 2.50 to 5.02 g/cm² S^{1/2} for BTC and 6.12 to 10.90 g/cm² S^{1/2} for cinder blocks. These values are all less than 20 g/cm² S^{1/2}, a value imposed by NF P 554. A comparison of the results of this work shows that, with the same cement content, during dry seasons as in rainy seasons, Btcs are more resistant and more economical than cinder blocks.

KEYWORDS: Mechanical resistance, brick, lateritic, immersion, suction, Chad.

RESUME: L'objet de cette étude est la détermination des résistances mécaniques sèches et humides après immersion dans l'eau des briques de dimensions 15 x 20 x 40 cm³ en mortier de sable (parpaings) et des briques de 10 x 14 x 28 cm³ en mortier de latérite comprimée (BTC) stabilisés au ciment. Ces deux variétés de briques (blocs) sont couramment utilisées en constructions au Tchad. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que les valeurs de la résistance à la compression à 28 jours des parpaings dosés à 12% et celles des BTC dosés à 10% de ciment sont respectivement de 2,55 MPa et 7,90 MPa. Ces valeurs sont conformes aux valeurs normatives recommandées par le Centre des Matériaux de Construction (CMC) de N'Djamena (2,4 MPa) et par le Centre de Recherche des matériaux en terres (CRATERre) (5 Mpa). En présence de l'humidité, la perte de résistance est seulement de 28% pour les BTC et 46% pour les parpaings. Aussi, les briques ont une capacité de succion allant de 2,50 à 5,02 g/cm² S^{1/2} pour les BTC et 6,12 à 10,90 g/cm² S^{1/2} pour les parpaings. Ces valeurs sont toutes inférieures à 20 g/cm² S^{1/2}, valeur imposée par la norme NFP554. La comparaison des résultats de ce travail montre qu'à dosage de ciment égal, pendant les saisons sèches comme en saisons pluvieuses, les BTC sont plus résistantes et plus économiques que les parpaings.

MOTS-CLEFS: Résistance mécanique, brique, latérite, immersion, succion, Tchad.

1 INTRODUCTION

Le Tchad, pays de l'Afrique centrale, regorge d'énormes quantités de matériaux de construction mais la plupart des habitants ignorent certaines de leurs valeurs. Dans le secteur du bâtiment et des travaux publics par exemple, cela entraîne d'innombrables problèmes de stabilité. Pourtant, pour réaliser des ouvrages durable et économique, les matériaux locaux de qualités sont incontournables. C'est dans la perspective de les mettre en valeur que cette étude porte sur les sols latéritiques et les sols sablonneux accessibles par tous les rangs sociaux. Les sols latéritiques ont été prélevés dans la province de la Tandjilé Ouest sur l'axe Kelo-Moundou à 12 Km (Village Marbelem) côté droit. Le ciment utilisé pour la stabilisation des mortiers est de type CPA 32,5 fabriqué localement par la Société Nationale de Ciment (SONACIM) à Pala (Mayo Kebbi Ouest). Le sable est prélevé sur le lit du fleuve Chari au village Klessoum. Les travaux expérimentaux sont réalisés au laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics de N'Djamena (ENSTP). Les briques en sols latéritiques ou blocs de terre comprimée (BTC) sont confectionnées à l'aide d'une presse manuelle ayant une pression statique de compactage allant de 1,1 à 2,3 MPa. Les échantillons de sols ont été soumis au préalable à quelques essais géotechniques classiques d'identification avant d'être stabilisés au ciment afin d'accroître la résistance mécanique et la résistance à l'eau. Les briques fabriquées à base des mortiers de sable et de latérite ont été soumises à une cure humide sous couverture en sac à cure selon les périodes d'essai de compression allant de 3, 7 et 28 jours [1]. La mesure de la résistance à la compression est faite par écrasement des briques au moyen d'une presse hydraulique à béton [2-4].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 RÉPARTITION DE LA LATÉRITE AU TCHAD

D'une manière générale, les latérites sont situées dans la zone méridionale où il fait très chaud et où les pluies sont abondantes soit toute l'année, soit au cours d'une saison humide.

2.2 CARACTÉRISTIQUES PÉTROGRAPHIQUES DES MATÉRIAUX

Les caractéristiques d'un mortier pour fabriquer les briques dépendent de celles des matériaux rentrant dans sa composition. Les deux types de matériaux à savoir la latérite et le sable utilisés dans cette étude sont de nature pétrographique différente :

- La latérite fait partie de la famille des graveleux latéritiques [5-7]. Elle provient du village Marbelem Kemssian dans la Tandjilé Ouest et est prélevé à partir de 30 cm en dessous du terrain naturel. La carrière se situe sur l'axe Kélo-Moundou à 12 km côté droit (Figures 1).
- Le sable provient du fleuve Chari dans la partie longeant le village Klessoum. Il est prélevé du lit du fleuve environ 3 m en dessous du terrain naturel et à une masse volumique apparente de 1.48 kg/l. Les essais de tamisage à sec montrent que notre sable est un sable moyen, propre et mal gradué.



Fig. 1. Localisation et Site de prélèvement de la latérite

2.3 CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES MATÉRIAUX

Les caractéristiques géotechniques nécessaires sont déterminées par les essais d'identification et l'essai Proctor selon les normes françaises AFNOR [8-12]:

- La masse volumique réelle : NF P 94-054

- La masse volumique apparente : NF P 98-250
- L'analyse granulométrique par tamisage : NF P 94-056
- Les limites d'Atterberg : NF P 94-051
- L'équivalent de sable E_s : NF P 18-597
- L'essai Proctor modifié : NF P 94-093

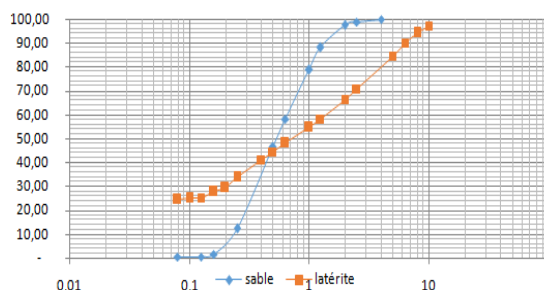


Fig. 2. Courbes granulométriques de la latérite et du sable

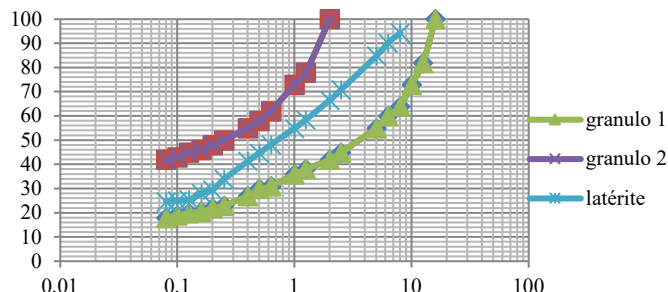


Fig. 3. Fuseau granulométrique de référence [13]

Pendant la phase de la préparation, le sol a été remanié à sec pour éliminer les cailloux. Après cela et selon les recommandations par CRATerre pour la fabrication des blocs de terre comprimée (BTC), la courbe granulométrique (Figure 2) ne doit pas sortir du fuseau granulométrique de référence (Figure 3). Sinon, on doit procéder à une correction granulométrique. Ce qui n'est pas notre cas.

Tableau 1. Récapitulatif des caractéristiques de la latérite et du sable

Matériaux	Masse volumique apparente ρ_a (g/cm ³)	Masse volumique réelle ρ_r (g/cm ³)	Granulométrie					Limites d'Atterberg			Essai Proctor		Equivalent de Sable E_s
			< 2 mm	< 80 μ m	M_f	C_u	C_c	ω_L	ω_p	I_p	γ_d	ω_{opt}	
Latérite	1,87	2,60	66,51	24,63	2,74	-	-	25	22	3	2,03	11,4	-
Sable	1,48	2,71	97,63	0,75	2,00	3	1	-	-	-	-	-	90

2.4 CALCUL DES DOSAGES

Le calcul des dosages consiste à déterminer les proportions de chaque élément entrant dans la formulation du produit. Pour la présente étude, il s'agit du ciment et de l'eau. Pour le dosage du mortier de latérite, le calcul est basé sur la Méthode du Pôle Technologique pour la promotion des Matériaux locaux POTEMAT-EPAC Cotonou, Benin. Les mesures sont faites à l'aide d'un récipient (seau) de volume connu et les différentes proportions obtenues sont converties dans les unités convenables.

2.4.1 DOSAGE EN CIMENT

- Volume du seau : 10 litres
- Masse d'un seau de la latérite sèche : 18,7 kg
- Masse volumique apparente de la latérite : 1,87 kg/litre
- Volume de la brouette : 60 litres

Un exemple du dosage à 4% donne :

- Dosage 4% = 4 kg de ciment pour 100 kg de terre
- $\frac{1}{4}$ de sac soit 12,5kg de ciment correspond à $(12,5 \times 100) / 4 = 312,5$ kg de terre
- En volume : 312,5 kg de terre équivalent à : $\frac{312,5}{1,87} = 167$ litres

- 167 litre de terre équivalent à 2 brouettes et 5 seaux de 10 litres
- Avec un sac de ciment, il faut 11 brouettes et 2 seaux de terre.

Cette opération est répétée pour les dosages successifs de 6%, 8%, 10% et 12%.

2.4.2 DOSAGE EN EAU

- Le but est de déterminer avec exactitude la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un bon mélange et une bonne compacité. Le principe consiste à déterminer la quantité d'eau qui permet d'obtenir la densité la plus élevée, autrement dit les briques les plus lourdes. Pour obtenir ce paramètre, il faut procéder à une série d'essais erreurs de production qui seront comparées sur une courbe. L'essai consiste à malaxer le matériau avec une quantité d'eau voisine de la teneur en eau optimale qui est de 11,4 % (Tableau 1) et en fabriquer quelques briques (environ 4) puis les peser et faire la moyenne. Répéter au moins quatre fois la même opération en augmentant chaque fois le pourcentage de l'eau. On obtient au moins quatre points par lesquels passe une courbe. L'abscisse du sommet de cette courbe est la teneur en eau optimal à considérer (POTEMAT). Pour les sols grenu et moins argileux, une autre méthode consiste à déterminer la teneur optimal par l'essai Proctor modifié (NF P 94-093).
- Un exemple du dosage à 6% donne :

Densité sèche (kg/l)	1,8	1,84	1,82	1,81
Teneur en eau (%)	11,1	12,53	14,04	15,16

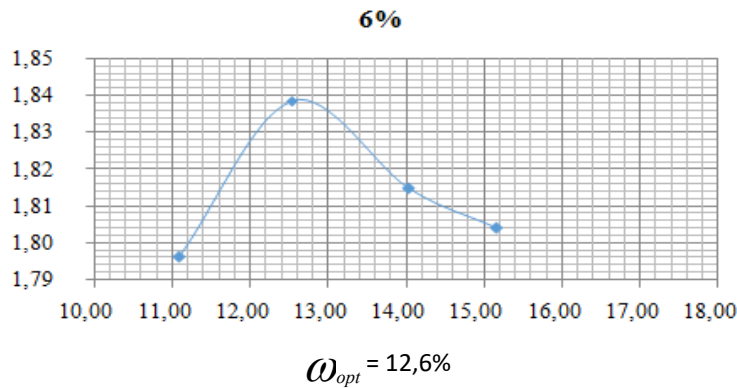


Fig. 4. Teneur en eau à 6%

Tableau 2. Résumé du dosage à 6%

Ciment en kg	¼ de sac (12.5)	½ sac (25)	1 sac (50)
Latérite en kg	208,33	416,66	833,32
Masse du mélange à sec en kg	220,83	441,66	883,32
Volume d'eau (12,6 %) en litres	27,8	56,65	111,29

2.5 CONFECTION DES BRIQUES EN LATÉRITE DE 10 x 15 x 28 cm³

Les étapes de la production sont celles recommandées par le Pôle Technologique pour la promotion des Matériaux locaux (POTEMAT-EPAC Cotonou-Benin). Il s'agit respectivement de l'extraction, la préparation, le mélange, le pressage (Figure 5), les conditions de cure (Figure 6).



Fig. 5. Presse manuelle utilisée



Fig. 6. Conditions de cure

2.6 CONFECTION DES PARPAINGS DE 15 X 20 X 40 CM³

Les étapes de la production sont celles couramment effectuées au Tchad : Extraction, préparation, mélange, moulage, cure et stockage. Un exemple de calcul du dosage à 6% donne :

- Masse de sable nécessaire pour une brique : $M_s = 14,5 \text{ kg}$
- Masse du ciment correspondant : $M_c = (6/100) \times 14,5 = 0,87 \text{ kg}$
- Nombre de brique par sac : $(50/0,87) = 57 \text{ briques}$
- Masse du sable par sac : $57 \times 14,5 = 826,5 \text{ kg}$
- Volume du sable par sac : $826,5/1,48 = 0,558 \text{ m}^3$

La composition du dosage à 6% se présente comme suit :

Sable (kg)	826,5
Ciment (Kg)	50
Mélange sec (Kg)	876,5
Eau de gâchage (en %)	9,5

2.7 LES ESSAIS MÉCANIQUES [14]

L'objectif recherché est la détermination des résistances mécaniques des blocs confectionnés. Compte tenu des sollicitations qu'ils subiront pendant leur utilisation, l'accent a été mis particulièrement sur la compression simple et la flexion trois points. Les résultats de ces essais conduiront à la détermination des meilleurs dosages à adopter tout en prenant en compte d'autres critères comme les aspects économiques.

2.7.1 ESSAI DE FLEXION : NORME EN 12390-5

Des briques sont soumises jusqu'à rupture à un moment de flexion par application d'une charge F au milieu au moyen d'un rouleau supérieur. Les deux rouleaux inférieurs représentent les appuis. La charge maximale atteinte au cours de l'essai est enregistrée par un comparateur et la résistance en flexion est calculée par la relation suivante :

$$R_f = \frac{F \times L}{l \times H^2} \quad L : \text{longueur, } l : \text{largeur et } H : \text{la hauteur de la brique} \quad (1)$$

En réalité, l'essai de flexion ne peut être réalisé sur les briques pour la simple raison qu'elles ne sont pas spécifiquement sollicitées en flexion.

2.7.1.1 ESSAI DE COMPRESSION NORME EN 12390-3

Le principe est de charger jusqu'à rupture dans une machine pour l'essai de compression (Figure 7). La charge maximale atteinte est enregistrée et la résistance en compression calculée selon la relation suivante :

$$R_c = \frac{F}{A} \text{ A : section de la brique} \quad (2)$$

Après avoir obtenu les caractéristiques des éléments à l'état sec, il est aussi important de les déterminer dans les conditions défavorables c'est-à-dire en présence de l'humidité car tout ouvrage doit présenter un minimum de résistance face aux intempéries. Ainsi un échantillon de chaque dosage âgé de 28 jours a été imbibé pendant 24 heures (Figure 8) afin d'être soumis à la compression, et le coefficient d'absorption est déterminé. A l'issue de cette opération, des pertes de résistance ont été constatées.

2.7.1.2 ESSAI D'ABSORPTION PAR CAPILLARITÉ : NORME NF P 554

Cet essai permet de déterminer le comportement des briques vis-à-vis des conditions d'humidité. Il consiste à sécher les différentes briques à l'étuve pendant 24 heures sous une température de 105°C. A la sortie de l'étuve et après refroidissement, on les pèse, soit M_1 ; après cette opération ces derniers sont immergés sur la face inférieure à une profondeur de 5mm (Figure 9). Dix (10) minutes après, on les sort de l'eau pour les peser, soit M_2 et mesurer la surface immergée. Le coefficient d'absorption est calculé par la relation :

$$C_b = \frac{M_2 - M_1}{S\sqrt{t}} \times 100 \quad (3)$$

C_b : Coefficient d'absorption en $g/cm^2.s^{1/2}$

S : surface immergée en cm^2 ;

M_1 et M_2 en grammes ;

t : temps en secondes.



Fig. 7. Essai de Compression des briques en latérite et parpaing



Fig. 8. Essai d'immersion des briques en latérite et parpaing



Fig. 9. Essai de succion par capillarité des briques en latérite et parpaing

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 LES BRIQUES EN LATÉRITE

- Résultats d'essai de Résistance à la Flexion

En utilisant la relation 1, nous avons les résultats suivants :

Tableau 3. Résistance à la flexion

Dosage en ciment	Longueur L (mm)	Largeur l (mm)	Hauteur H (mm)	Charge (N)	Resistance (Mpa)
8%	224	150	85	5000	1.03
10%	224	150	85	5000	1.03

Malgré l'amélioration de la qualité du point de vue physique et chimique apportée à la latérite pour confectionner les briques, leurs résistances à la flexion croient faiblement. Ces faibles valeurs (1,03 MPa) traduisent la parfaite plasticité des éléments. Bien que ces résultats soient faibles, l'on ne devrait pas se faire des inquiétudes ; en effet, vue les sollicitations que subissent les briques dans la maçonnerie, la flexion et la traction n'ont pas un grand effet. Même le béton fortement dosé résiste faiblement à la flexion et à la traction (BAEL 91 mod. 99).

- Résultats d'essai de Résistance à la Compression à sec

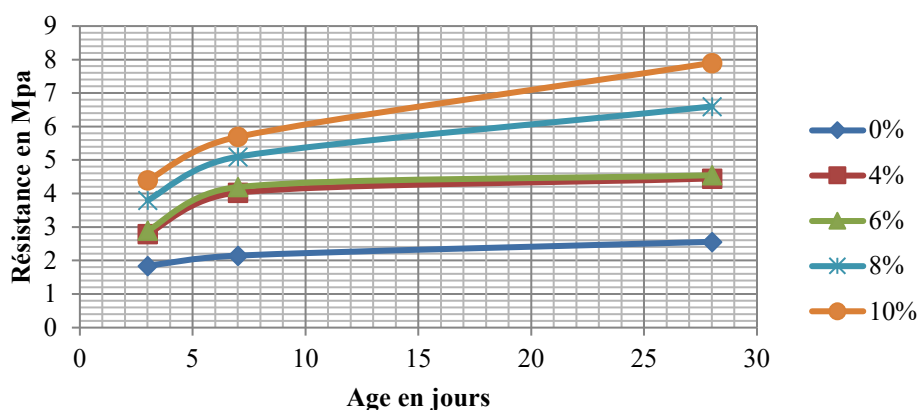


Fig. 10. Courbe de Résistance à la compression à sec(Age)

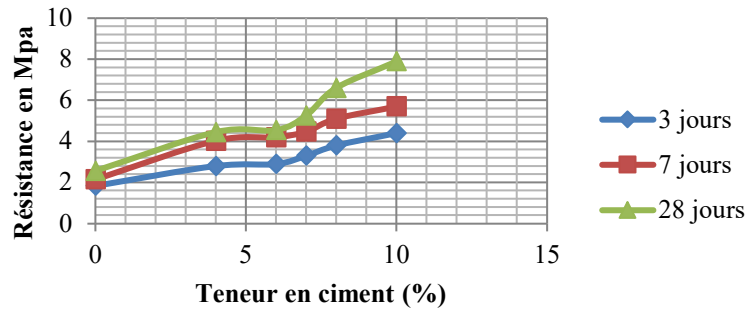


Fig. 11. Courbe de Résistance à la compression à sec (% ciment)

Les figures 10 et 11 montrent l'évolution de la résistance en fonction de la durée de cure. La période de conservation est étalée sur 28 jours afin de prendre connaissance du comportement du matériau à court et à long terme. Pour chaque dosage, la résistance augmente en fonction de la durée de cure en raison de la réaction sol-ciment qui fait croître progressivement la liaison entre les grains. On remarque que cette croissance va de l'ordre de 1,18 à 1,3MPa entre 3 et 7 jours et de 0,35 à 2,2 MPa entre 7 et 28 jours. L'écart de la variation entre ces deux intervalles prouve qu'au jeune âge, la réaction sol-ciment est accélérée ; par contre, elle est ralentie après le septième jour. En somme, la résistance croît fortement lorsque la teneur en ciment est élevée. Tel est le cas de 10% qui offre une résistance de 7,9 MPa à 28 jours.

Bien que la granulométrie de la latérite est conforme aux normes techniques en vigueur reconnues par le fuseau de CRATerre et les résistances mécaniques obtenues sont aussi appréciables, nous avons voulu apporter une amélioration du point de vue esthétique sur les parois. C'est ce qui nous a conduit à réduire la granulométrie de 10mm à 5mm et vu les résistances offertes par les dosages à 6 et 8%, nous avons préconisé une formulation avec un dosage intermédiaire de 7% en ciment avec une teneur en eau optimale de 13% pour constater si cela ne compromet pas les caractéristiques mécaniques exigées, tout en vérifiant la nouvelle courbe granulométrique par rapport au fuseau de CRATerre. Ainsi, nous avons obtenu les résultats présentés sur la figure 12.

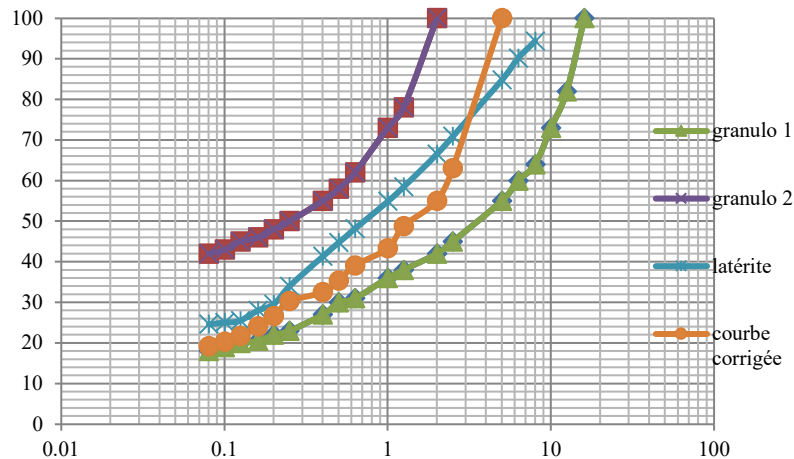


Fig. 12. Courbe corrigée par rapport au fuseau de CRATerre

Tableau 4. Perte de résistance après immersion

Dosage en ciment	Poids sec (kg)	Poids humide (kg)	Coefficient d'abs. (%)	Surface (mm ²)	Charge (N)	Résistance après immersion (MPa)	Résistance à sec (MPa)	Perte en résistance %
4%	6,3	7,2	14,3	38920	125	3,20	4,45	28%
6%	6,3	7,2	14,3	39200	135	3,44	4,55	24%
7%	5,5	6,2	12,7	45296	180	3,96	5,26	24%
8%	6,4	7,1	10,9	39200	200	5,08	6,6	23%
10%	6,3	6,9	9,5	39200	240	6,16	7,9	22,1%

Le tableau 4 donne les résultats du comportement des éléments vis-à-vis de l'eau. On constate une diminution de la résistance de chacun de ces dosages. Malgré cette diminution, les résistances offertes sont toujours acceptables hors-mis le dosage à 0% qui offre un comportement médiocre après immersion. La perte de résistance varie de 22 à 28% selon la teneur en ciment. Plus le taux de ciment est élevé, plus la perte décroît faiblement. L'absorption croît avec le taux de ciment.

Tableau 5. Coefficient d'absorption par capillarité

Dosage	M ₁ (g)	M ₂ (g)	Surface (cm ²)	Cb(g/cm ² .S ^{1/2})
4%	6450	6985	435	5,02
6%	6500	6980	435	4,50
7%	6555	7017	435	4,33
8%	7699	7988	392	3,00
10%	7628	7866	392	2,50

D'après ces résultats (tableau 5), les coefficients d'absorption par capillarité sont très faibles car, toutes ces valeurs sont inférieures à 20%, valeur en dessous de laquelle l'élément est qualifié de faible capillarité selon la norme NF P 554.

3.2 LES BRIQUES EN SABLES (PARPAING)

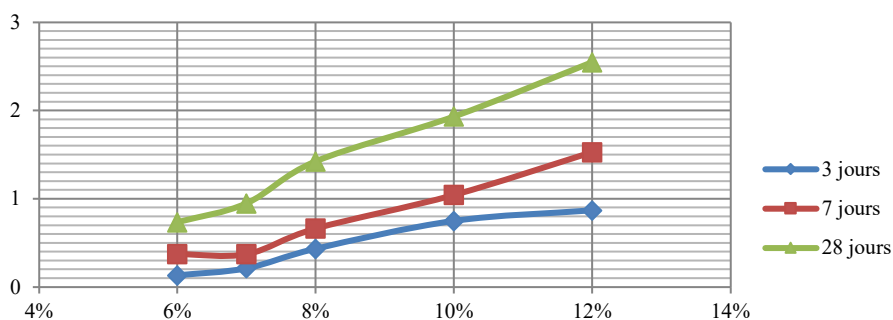


Fig. 13. Courbe de Résistance à la compression à sec (dosage en ciment)

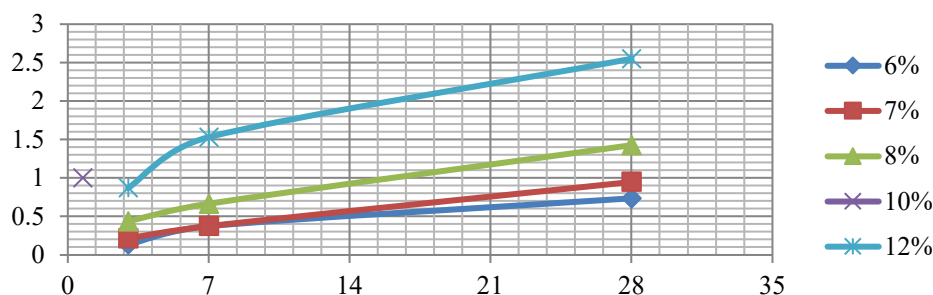


Fig. 14. Courbe de Résistance à la compression à sec (Age)

Les Figures 13 et 14 présentent les résultats de l'essai de compression sur les blocs de parpaing. Les valeurs obtenues vont croissant en fonction de l'âge et du taux de ciment. Par rapport à l'âge, la variation de la résistance est de l'ordre de 0,160 à 0,660 MPa entre 3 et 7 jours et de 0,360 à 1,02 MPa entre 7 et 28 jours. En fonction du taux de ciment, nous avons des variations suivantes après 28 jours: 0,215 MPa entre 6 et 7%, 0,475 MPa entre 7 et 8%, 0,510 MPa entre 8 et 10% et 0,615 MPa entre 10 et 12%.

Tableau 6. Perte de résistance après immersion

Dosage (%)	Poids sec (kg)	Poids humide (kg)	Coef. d'abs (%)	Volume mouillé (cm ³)	Densité humide (g/cm ³)	Surface mm ²	Charge (N)	Résistance après immersion (MPa)	Résistance à sec (MPa)	Perte (%)
6%	13,7	15,7	14,6	8737,5	1,79	60000	24000	0,4	0,735	(46%)
7%	13,7	15,7	14,6	8737,5	1,79	60000	35000	0,58	0,95	(39%)
8%	14,0	15,9	13,5	8737,5	1,80	60000	62000	1,04	1,425	(27%)
10%	14,0	15,8	12,9	8737,5	1,83	60000	90000	1,50	1,935	(23%)
12%	14,2	16,0	12,6	8737,5	1,86	60000	117000	1,95	2,55	(23%)

Le tableau 6 est le résumé des résultats des écrasements des blocs de parpaing après 24 heures d'immersion. Les coefficients d'absorption restent identiques entre 6, 7 et 8% puis une croissance brusque entre 8, 10 et 12%. Ce comportement montre que le coefficient d'absorption d'un parpaing ne dépend pas seulement du taux de ciment mais également du compactage qui réduit le volume des vides entre les grains. Dans cette catégorie de briques, la perte de la résistance après immersion varie de 23 à 46% ; cette perte croît lorsque le taux de ciment est faible.

Tableau 7. Coefficient d'absorption par capillarité

Dosage (%)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	Surface (cm ²)	Cb(%)
6%	13700	15300	600	10,9
7%	13600	15200	600	10,88
8%	14100	15400	600	8,84
10%	14200	15200	600	6,80
12%	14400	15300	600	6,12

Les valeurs du Cb sont toujours inférieures à 20%, donc ces blocs sont de faible capillarité, par contre, elles sont plus élevées que celles des blocs de latérite.

3.3 DISCUSSIONS

Après identification des matériaux sable et latérite à travers les essais de laboratoire (Résultats du Tableau 1), ceux-ci ont servi à la confection des briques par stabilisation chimique au ciment. Les briques confectionnées ont subi une cure de 28 jours, durée pendant laquelle ces dernières ont atteint presque leur limite de maturité. Afin d'éviter un jugement par apparence sur

ces blocs, ils ont été soumis à divers tests sur lesquels les discussions seront basées. Il s'agit des résultats expérimentaux des résistances limites sèches et humides à la compression, le coefficient d'absorption et le coût de revient.

4 RÉSISTANCES LIMITES À LA COMPRESSION

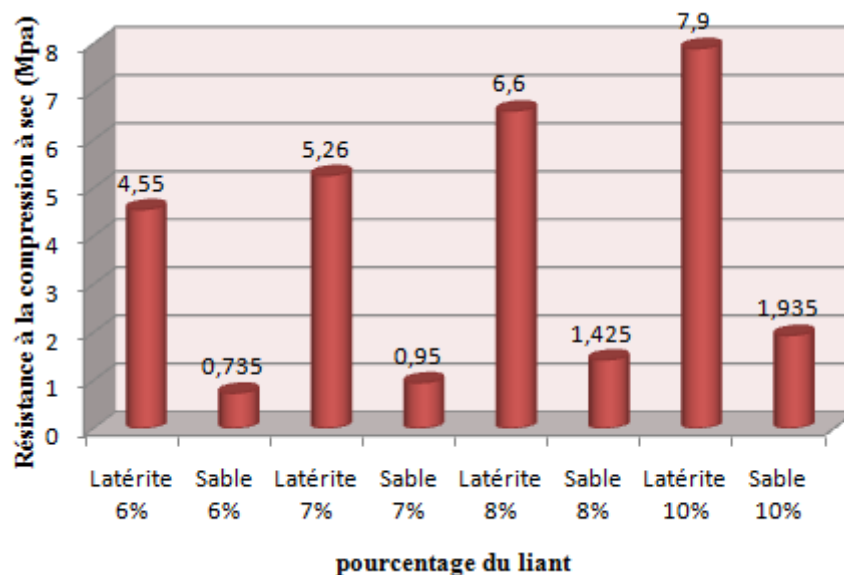


Fig. 15. Comparaison des résistances sèches à 28 jours

A l'état sec, les briques en latérite dosées à 10% de ciment offrent une résistance maximale moyenne de 7,9 MPa à 28 jours alors que les parpaings dans les mêmes conditions, ont une résistance moyenne maximale de 1,9 MPa. Ce grand écart constaté n'est pas le fait du hasard car d'une part, suivant les autres dosages, le même phénomène est observé et d'autre part, les travaux de recherche sur les latérites stabilisées de MAHAMAT SALEH IBRAHIM YACOUB (2IE 2010) ont montré que ces sols ont des résistances appréciables à la compression [15]. Aussi, selon Pierre Meukam (2004), la latérite stabilisée à 8 et 10% a donné respectivement 6,5 MPa et 8 MPa, valeurs presque identiques à celles trouvées ici et supérieures à 4 MPa, imposé par CRATerre (GUILAUD H., 1997) [16-17].

Aussi, cette large différence s'explique par un certain nombre de paramètres tels que la nature du sol, l'énergie de compactage, l'état de surface des grains et la masse volumique. Selon la nature du sol, la latérite présente une granulométrie discontinue (25% de silt ou limon ; 5% de sable fin ; 37% de sable grossier ; 33% de grave) alors que le sable a une granulométrie continue (0,75% de limon ; 4,5% de sable fin ; 92% de sable grossier ; 2,75% de grave).

Vu la proportion des éléments fins dans chacun de ces sols, la latérite en présente beaucoup plus que le sable. Ces éléments fins lui confèrent l'avantage à la cohésion entre ses grains. Ce qui fait que la latérite même non stabilisée présente une résistance de 2,56 MPa ; résistance que le parpaing atteint avec 12 % de ciment. En ce qui concerne l'énergie de compactage, les parpaings sont faiblement comprimés par rapport aux blocs de latérite. De ce fait, les grains de latérite se resserrent au maximum sous l'effet de la force de compression (Ottou 1987). Ce resserrement entre les grains leur procure de très bonne adhérence et donc une densité plus élevée que celle des parpaings. Ottou (1987) rapporte par les travaux de Danson qui estiment que la résistance à la compression est proportionnelle à la pression de compactage. Du point de vue état de surface, les grains de sable présentent une surface lisse, difficile à faire adhésion avec le liant, ce qui ne permet pas à cet ensemble d'avoir une résistance appréciable. Par rapport à la masse volumique, on constate que plus la masse volumique est grande, plus la résistance est élevée. Ce dernier paramètre a été prouvé par les recherches de Cormon cités par Bidjocka (1990) qui stipule que la masse volumique est un critère de variation de la résistance à la compression.

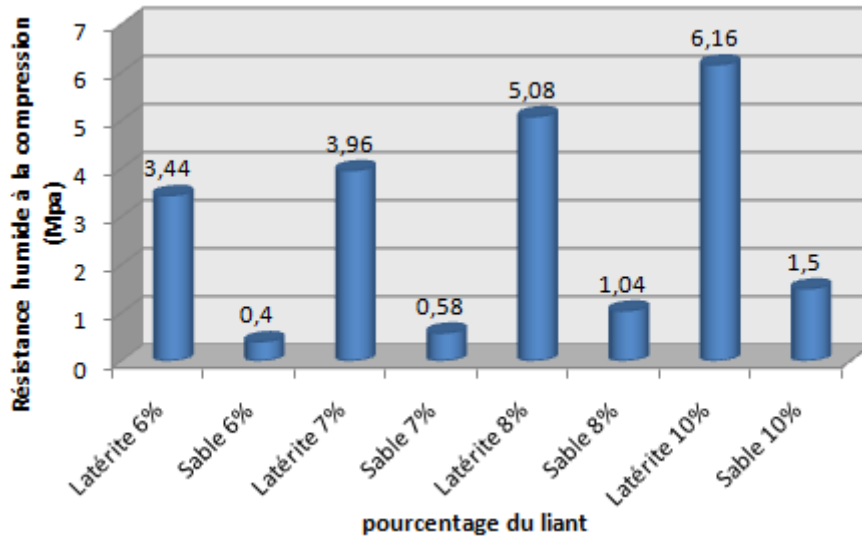


Fig. 16. Comparaison des résistances humides

Après immersion, une diminution de résistance est observée sur chaque élément, soit une perte de 22 à 28 % pour les briques en latérite et de 23 à 46 % pour les parpaings. Ces résultats prouvent qu'en présence de l'eau, les blocs de latérite sont toujours meilleurs par rapport aux parpaings. Pour justifier ce changement de comportement, il est nécessaire d'aborder la notion du coefficient d'absorption de chacun de ces blocs.

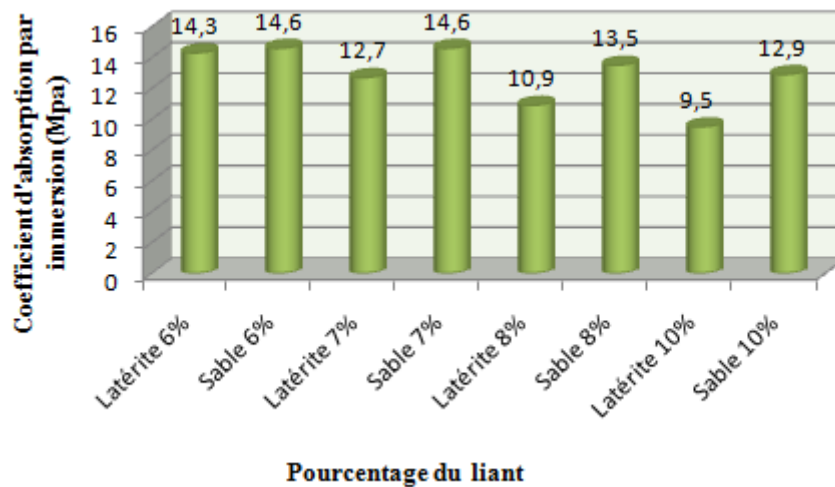


Fig. 17. Comparaison des coefficients d'absorption par immersion

D'après la figure 17, les parpaings absorbent plus de l'eau que ceux des briques de latérite. Cette absorption peut s'expliquer par certains facteurs dont le nombre de pores et leurs dimensions. La forte absorption de l'eau par les parpaings est due à la granulométrie continue du sable avec faible proportion des éléments fins. Malgré l'ajout du liant, les vides laissés entre les grains ne sont pas totalement comblés ; aussi avec la faible pression manuelle, le resserrement total de ces grains n'est pas possible. En effet, ces vides constituent des orifices de recueillement des eaux, occasionnant une grande chute de résistance à la compression. Par contre les blocs en latérite n'absorbent pas trop d'eau car la granulométrie de la latérite présente une proportion importante des éléments fins qui, associés au liant provoquent une obstruction des interstices laissés entre les grains. En plus, l'effet de l'énergie de compactage de la presse assure un resserrement maximum des grains. Cela conduit à une diminution en taille et en nombre des pores. Par conséquent, ces derniers sont moins sensibles à l'eau et donc les coefficients d'absorption sont toujours faibles par rapport à ceux des parpaings. De ce qui précède, l'eau affecte très peu le comportement des blocs en latérite.

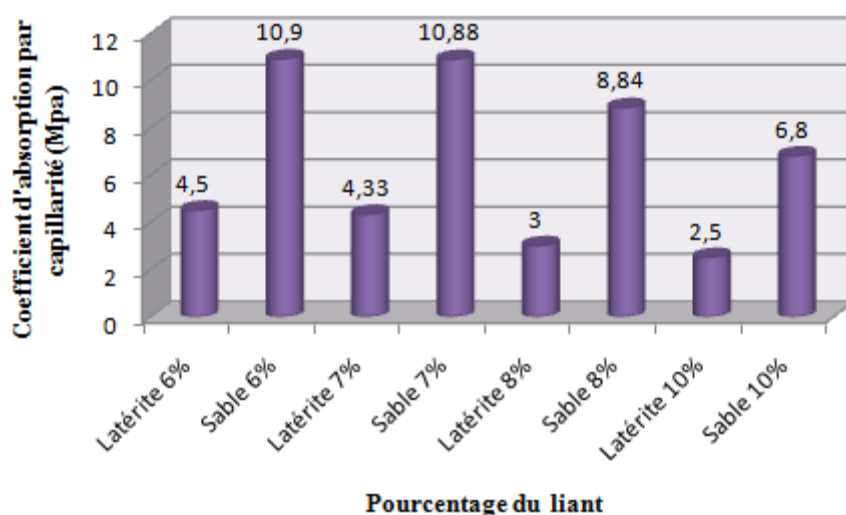


Fig. 18. Comparaison des coefficients d'absorption par capillarité

La figure 18 donne les résultats de l'essai d'absorption par capillarité sur les blocs de latérite et de parpaings. Ces résultats montrent que les parpaings ont une forte capacité de succion d'eau par rapport aux blocs de latérite ; Cela vient confirmer l'absorption par imbibition. Cette inégalité de comportement peut s'expliquer de la même manière que les raisons citées dans l'absorption par immersion. En effet, le pouvoir de succion est fonction de la porosité de l'élément. Malgré l'écart entre les deux types d'éléments, ils sont donc de bonne qualité en absorption capillaire car, leurs coefficients sont inférieures à 20%, imposée par la norme NF P 554 : (2,5 à 5, % et 6,12 à 10,9%), respectivement pour la latérite et le parpaing.

Tableau 8. Comparaison des études coûts de revient

Ciment	6%			7%			8%			10%		
	Nb/sac	PU en FCFA	Coût/m ²	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)
latérite	128	105	3150	110	117	3510	96	131	3930	77	157	4710
sable	57	285	3563	49	312	3900	44	338	4225	34	405	5063

Après avoir évalué les coûts de production des différents éléments, il ressort que les parpaings coutent plus cher que ceux de latérite. Les prix des blocs de latérite varient de 79 F à 157 F selon les dosages et de 285 F à 468 F pour les parpaings. En raison de ces prix, on peut évaluer le coût d'un mètre carré de maçonnerie en parpaings et en latérite respectivement 5063F et 4710 F pour un même dosage (10%). En tenant compte de la qualité des éléments, les blocs de parpaing dosés à 10% ne doivent pas être comparés à ceux de latérite du même dosage, mais plutôt à ceux de 4%. En effet, la latérite non stabilisée offre déjà une résistance supérieure au parpaing dosé à 10%. Partant de ce principe de qualité, la comparaison entre parpaings dosé à 12% et latérite à 4% semble raisonnable. Ce qui fait coûter 5850F et 2400 F par mètre carré de maçonnerie respectivement en parpaing et de latérite, soit une économie de 3450 F par mètre carré. Cette comparaison est faite en considérant les paramètres locaux. Cependant, pour une utilisation en dehors des zones non latéritiques, le coût de transport doit intervenir pour augmenter le prix des blocs.

5 CONCLUSION

La comparaison des résistances des briques en sol latéritique et des blocs en sol sablonneux, stabilisés au ciment dans les mêmes proportions montre que la latérite offre une meilleure résistance (7,9 MPa) à 28 jours, tandis que le sable présente une très faible résistance (1,9 MPa) au même âge. Après 24 heures d'immersion, une chute de résistance s'observe sur les deux types d'éléments, mais cela n'empêche pas à la latérite de demeurer la meilleure car sa résistance décroît faiblement. On note une variation de 7,9 à 6,2 MPa pour la latérite et de 1,9 à 1,5 MPa pour le sable, soit une perte de 22% et 23% respectivement pour la latérite et le sable. Quant au coefficient d'absorption, les parpaings ont un pouvoir de succion plus élevé que ceux de la latérite. Tout de même, ces deux types de matériaux ont des valeurs très appréciables en succion. On enregistre 6,1 à 10, 9%

pour les parpaings et 2,5 à 5% pour la latérite et suivant les dosages. Par rapport aux exigences de CRATerre et le Centre des Matériaux de Construction (CMC) de N'Djamena, les résistances requises sont atteintes. En somme, ce travail a permis de mettre en évidence d'une part, l'inégalité des propriétés qui réside entre les matériaux sable et latérite à travers un stabilisant, le ciment et d'autre part, l'avantage de l'utilisation des matériaux locaux.

REFERENCES

- [1] Olivier, M. and Mesbah, A. (1986). Earth material: The test of static compaction for the manufacture of comprehended raw earth bricks. *Liaison Bulletin of Ponts et Chaussées Laboratories (LPC)* 146 34–37 (France).
- [2] Abalo P'kla. (2002). Simple compression characterization of compressed earth blocks (BTC): Application to masonry «BTC-EARTH MORTAR». Phd thesis in Civil Engineering. INSA Lyon (France), 234 p.
- [3] M. Olivier, A. Mesbah, Z. El Gharbi, J. C. Morel. (1997). Test method for strength tests on blocks of compressed. RILEM TC 164-EBM: Mechanics of Earth as a Building Material, Vol. 30, pp 515-517. <https://doi.org/10.1007/BF02486394>.
- [4] Olivier, M., (1994). The earth material: compaction, behaviour, application to structures in earth blocks. Phd thesis, INSA Lyon, Order No 94 ISAL 0004.
- [5] Creuset Michel. (1997). Materials and Components, Gros œuvres. Delagrave - Paris (France).
- [6] Coursnet Yves. (2010). 2nd edition, Properties and characteristics of building materials. Monitor. Paris (France).
- [7] H. Houben, H. Guillaud. (1995). Treaty of earth construction. Edition parenthesis, Marseille, France, 355 p.
- [8] AFNOR, (2001). Earth Blocks Tablets for Walls and Partitions, Paris (France).
- [9] AFNOR NF EN 13286-53. (2005). Mixtures treated and not treated with hydraulic binders, Part 53: axial compression method for specimens made from materials treated with hydraulic binders.
- [10] NF EN 413-1. (1994). Masonry cement. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, Part 1: specification.
- [11] NF EN 413-1. (1994). Masonry cement. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, Part 2: Test methods.
- [12] EUROCODE 6. (1996). Construction of masonry structures. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION.
- [13] CRATerre. (1985). Building in soil, alternative editions, Paris, 286 p.
- [14] Daniel CORDARY, (1994), Soil mechanics, rue Lavoisier, Paris cedex, 359 p.
- [15] Mahamat Saleh Ibrahim Yacoub, (2010), Comparative study between the improvements of compressed earth bricks stabilized by cement and slaked lime, memory 2ie 46 p.
- [16] Meukam P., Noumowé A., Duval R., Jannot Y. (2003). Thermo physical and mechanical characterization of stabilized earth for thermal insulation in buildings. *Materials and structures* 36 (7) ; 453-460.
- [17] Meukam P., (2004), Upgrading of stabilized earth bricks with a view to the thermal insulation of buildings, Phd thesis, 3rd cycle, University of Yaoundé I.

Application des indices de télédétection à la cartographie des zones urbaines et des sols nus : Cas de la ville de Guelma (Nord-est de L'Algérie)

[Application of remote sensing indexes to the mapping of urban areas and bare soil : Case of the city of Guelma (North-East of Algeria)]

Boubaker Khallef, Khaled Brahamia, Abdel Razek Oularbi

Laboratoire de recherche Ressources Naturelles et Aménagement, Département d'aménagement des territoires, Faculté des sciences de la terre, Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

Copyright © 2020 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 recent years, areas of vegetation and farmland in peripheral areas of the city of Guelma have declined in relation to urban sprawl and gradual subdivision of soils for construction purposes. In this context, it is necessary today to map these areas that play an important role in urban development and environmental quality. The objective of this study is the application of remote sensing indices to map the built-up lands and bare soil in the city of Guelma from the satellite image of the Landsat 8 program of 23 July 2018. The present study is based on bare soil and urban land indexes such as: NDBI, EBBI, UI and NDBal. The result obtained shows that the NDBI index presents an acceptable result for mapping urban land and bare soil. This method can be used to monitor land use in the city of Guelma.

KEYWORDS: Remote sensing, GIS, urban, bare soil, Guelma, Algeria.

RÉSUMÉ: Ces dernières années, les zones de végétation et les terres agricoles dans les périphériques de la ville de Guelma ont connu une régression par rapport à l'étalement urbain et le lotissement progressif des sols pour des fins de construction. Dans ce contexte, il est nécessaire aujourd'hui de cartographier ces zones qui jouent un rôle important dans le développement urbain et la qualité environnementale. L'objectif de cette étude est l'application des indices de télédétection pour cartographier les terrains bâtis et les sols nus dans la ville de Guelma à partir de l'image satellitaire du programme de Landsat 8 du 23 juillet 2018. La présente étude est appuyée sur les indices des sols nus et des terrains urbains tel que : NDBI, EBBI, UI et NDBal. Le résultat obtenu montre que l'indice NDBI présente un résultat acceptable pour cartographier les terrains urbains et les sols nus. Cette méthode peut servir de surveiller l'utilisation des sols dans la ville de Guelma.

MOTS-CLEFS: Télédétection, SIG, urbain, sols nus, Guelma.

1 INTRODUCTION

L'un des principaux problèmes de la cartographie des zones urbaines est l'évaluation du changement d'utilisation des sols, de non urbain à urbain. Les changements d'affectation des sols sont généralement dus à l'urbanisation élevée et aux taux de développement urbain [1]. Ces conditions entraînent une régression de la surface agricole et forestière, des modifications de la micro-température [2], pollution de l'air [3], et une réduction de la qualité de l'eau [4]. Cependant, ce développement urbain peut introduire des sols nus au sein des zones urbaines. A cet effet, il est important de cartographier les terrains bâtis et les sols nus car ces terres peuvent être utilisées comme indicateur à l'évaluation du développement urbain et sa qualité environnementale [5]. La ville de Guelma c'est un exemple illustratif, où la forte croissance démographique se traduit par une

pression sur les terres forestières et agricole. Les transformations dans l'occupation du sol sur l'ensemble du territoire de la ville sont multiples et variées, les besoins en logement ont exacerbé les besoins en terrains urbanisables. La présente ville est incluse totalement dans une région agricole par excellence où il est devenu tout urgent de déterminer les terrains bâtis et nus. La cartographie de l'occupation des sols est généralement basée sur la méthode de classification multispectrale mais il existe aussi d'autres méthodes qui utilisent également l'application des indices de télédétection [2]. Plusieurs chercheurs ont développé des indices de télédétection tels que: l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), l'indice différentiel de végétation (DVI), l'indice de stress hydrique (NDWI) ainsi des indices prenant en compte l'influence des sols comme l'indice perpendiculaire de végétation (PVI), l'indice de végétation ajusté pour le sol (SAVI). Dans le cas de la ville de Guelma, la cartographie des terrains bâtis et des sols nus est s'appuyée sur les indices de télédétection suivantes : l'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI) [6], l'indice urbain (UI) [7], l'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI) [8], et indice de développement et de nudité (EBBI) [1] en utilisant une image du programme LandSat 8 OLI/TIRS.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville de Guelma est prolongée dans la vallée d'Oued Seybouse au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, elle se situe au Nord-est de l'Algérie délimité par les coordonnées géographiques suivantes : l'altitude : entre 36°28'12.12"N et 36°26'9.36"N, Longitude : entre 7°28'10.72"E et 7°23'46.44"E. Entourés de montagnes de Mahouna, Debagh et Houara, Guelma est limité au Nord par Oued Seybouse , à l'Est par Oued El Maiz et la Commune de Belkebir , au Sud par les monts de Mahouna et à l'Ouest par la plaine de Ben Tabouche (Fig.1). Le climat est de type méditerranéen subhumide avec une période pluvieuse d'octobre à avril et une période sèche de mai à septembre, dont les quantités de précipitations varient entre 450 et 600 mm/an. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne oscille autour de 24°C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier avec des températures moyennes de l'ordre de 12,1°C. Elle s'étale sur une superficie de 15 Km² pour un nombre de population de 137971 habitants en 2018 soit une densité qui atteint 9198 hab / Km². C'est une ville de transition dans la région du Nord-est de l'Algérie, elle est reliée les Wilayas de littoral (El Taref, Annaba et Skikda) et les Wilaya de la région intérieur (Constantine, Souk ahras et Oum El Bouaghi).

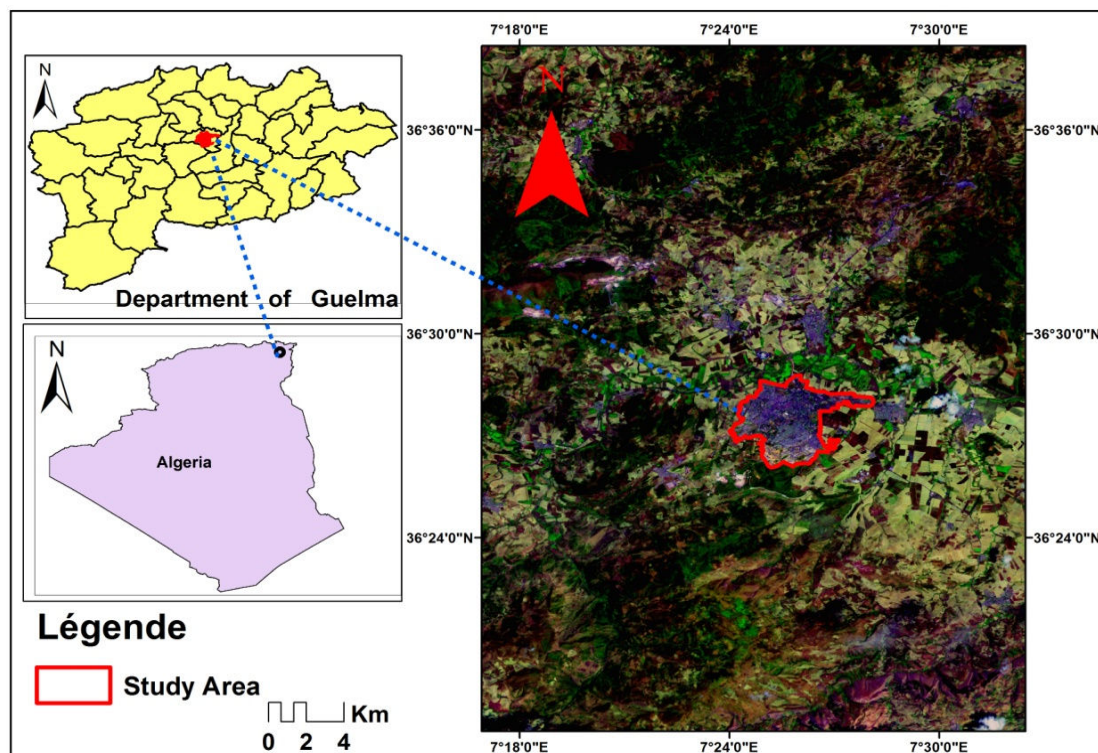


Fig. 1. Localisation de la ville de Guelma

2.2 OUTILS ET DONNÉES

Il s'avère nécessaire dans pareille étude comme le cas de la ville de Guelma de pouvoir cartographier les terrains bâtis et le sol nu de recourir aux indices de télédétection. Cette étude s'appuie sur le traitement et l'analyse d'une image du programme de Landsat acquise le 23 Juillet 2018 à l'aide des logiciels: ENVI 5.3 ArGIS10.3 ainsi l'exploitation du support Google Earth pour la vérification. L'image satellitaire socle du présent travail, est acquise en saison sèche, période de différenciation maximale des éléments d'occupation du sol. Téléchargeable gratuitement à partir du [www. Earth Explorer](http://www.earthexplorer.us) ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 1. les bandes de l'infrarouge thermique sont reéchantillonnées à une résolution de 30 mètres pour une bonne combinaison avec les autres bandes utilisées ainsi pour éviter toute affectation des données raster pendant les opérations des calculs. la résolution du travail est donc 30 m, et le système de projection appliqué à toutes nos données est Transverse universelle de Mercator zone 32 nord.

Tableau 1. Bandes spectrales de Landsat 8 OLI / TIRS

Capteur	Date d'acquisition	Bandes	Domaine du spectre électromagnétique	Bandes spectrales	Résolution spatiale (m)	Application
Landsat 8	23/07/2018	1	Côtière/ aérosol	0.433–0.453	30	Eau peu profonde - poussière
		2	bleu visible	0.450–0.515	30	différenciation de la végétation des sols
		3	vert visible	0.525–0.600	30	Évaluation de la vigueur de la végétation
		4	rouge visible	0.630–0.680	30	Absorption de la chlorophylle
		5	Proche infrarouge	0.845–0.885	30	biomasse et Plan d'eau
		6	Courte infrarouge	1.560–1.660	30	humidité : Végétation et Sol
		7	Courte infrarouge	2.100–2.300	30	humidité : Végétation et Sol
		8	Panchromatique	0.500–0.680	15	Interprétation visuelle
		9	Cirrus	1.360–1.390	30	Nuages
		10	Infrarouge thermique	10.6–11.2	100	Température de la surface
		11	Infrarouge thermique	11.5–12.5	100	Température de la surface

2.3 MODÈLES DES INDICES DE TÉLÉDÉTECTION APPLIQUÉS

2.3.1 L'INDICE DE DIFFERENCE NORMALISÉE DE BÂTIS (NDBI)

Le présent indice a été formulé par [6] selon la formule suivante ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $(b_6 - b_5) / (b_6 + b_5)$.

2.3.2 L'INDICE DE DÉVELOPPEMENT ET DE NUDITÉ (EBBI)

L'EBBI est un indice de télédétection qui applique des longueurs d'onde des NIR, SWIR et TIR) aux images Landsat. Ces longueurs d'onde ont été sélectionnées sur la base de la plage de réflexion du contraste et de l'absorption dans les zones de terrains construits et nus. L'EBBI est calculé par l'équation suivante [1] ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $EBBI = (b_6 - b_5) / (b_6 + b_5)$.

2.3.3 L'INDICE DE NUDITÉ PAR DIFFÉRENCE NORMALISÉE (NDBAI)

Cet indice a été développé par [9]. il est basé sur la différence entre la réflexion de la radiation infrarouge thermique (TIR) et l'absorption du moyen infrarouge (MIR). Il est spécialement pour distinguer le sol nu de la végétation et des terrains urbanisés, il est exprimé par l'équation suivante ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $(b_6 - b_{10}) / (b_6 + b_{10})$.

2.3.4 L'INDICE URBAIN (UI)

C'est une transformation qui utilise les bandes courtes infrarouges (SWIR) et la bande du proche infrarouge pour réaliser des cartes de la densité de construction, il est calculé par la formule qui suit [10] ; pour LandSat 8 OLI /TIRS $UI = (b_7 - b_5) / (b_7 + b_5)$.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le calcul du Raster a été effectué à l'aide de l'algorithme calculatrice Raster du logiciel ArcGIS afin d'appliquer des formules mathématiques pour calculer les indices mentionnés ci-dessus. Ce calcul a montré que les valeurs moyennes et élevées pour chaque indice calculé correspondent aux terrains bâtis et aux sols nus respectivement. Cependant la visualisation et la comparaison de chaque indice à l'image OLI 8 en fausse couleur avec la combinaison des bades spectrales 6,5 et 2 montre que les deux indice NDBI et UI ont les meilleurs résultats d'extraction des terrains bâtis et des sols nus par rapport aux autres indices (Fig. 2).

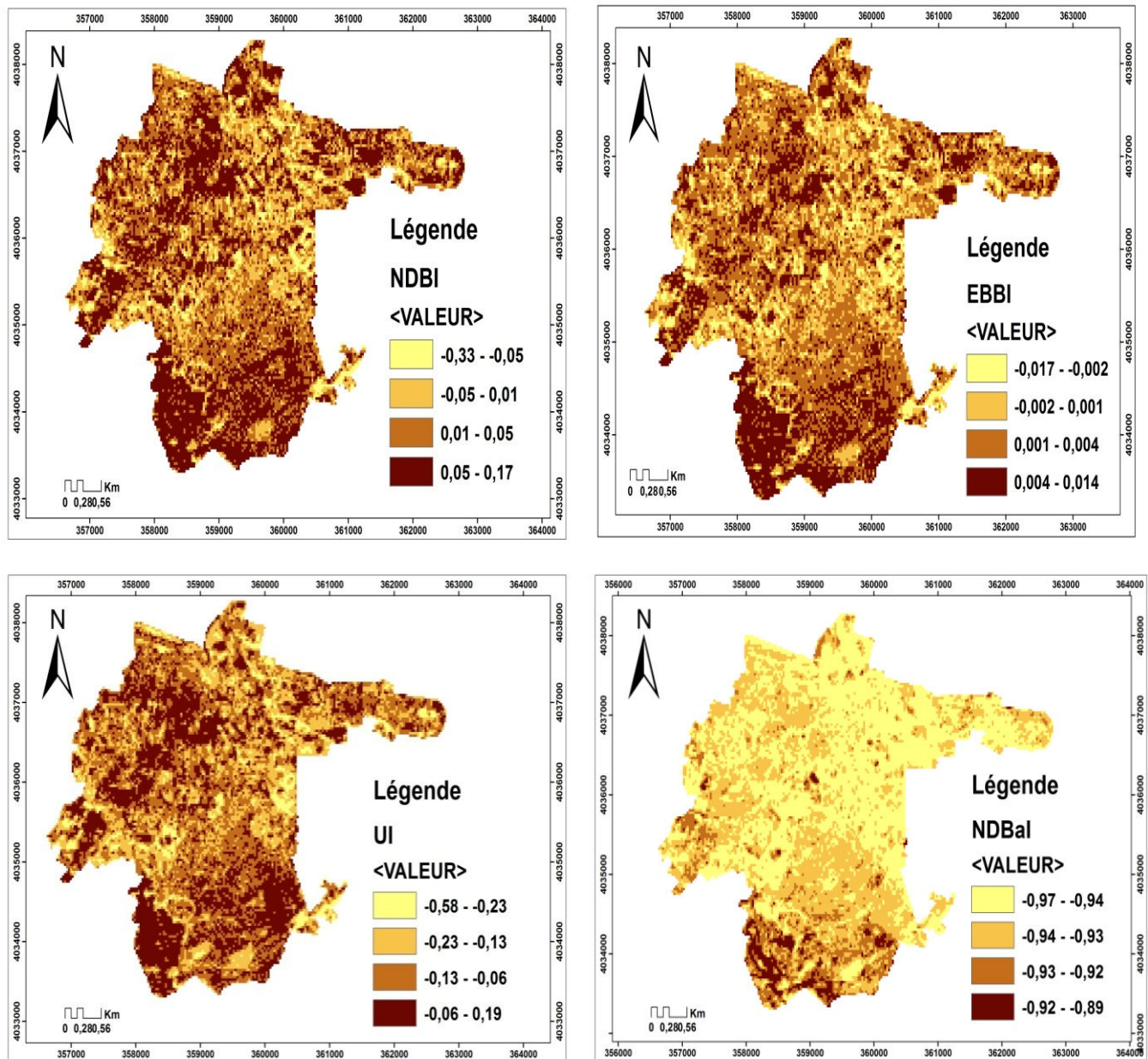


Fig. 2. Résultats du calcul des 4 indices (NDBI, EBDI, NDBal et UI) ville de Guelma

L'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI), l'indice urbain (UI) et l'indice de développement et de nudité (EBDI) montrent des valeurs supérieures de zéro pour les terrains bâtis et les sols nus, alors que toutes les valeurs de l'indice de nudité par différence normalisée (NDBal) sont négatives (inférieur de zéro). Le résultat obtenu a permis de réaliser une corrélation

entre les quatre indices, le choix de classement des indices est effectué selon les résultats illustrés par la figure 2. Le tableau ci-dessous résume l'analyse de cette corrélation.

Tableau 2. *Corrélation entre les quatre indices utilisés*

Indices	NDBI	EBBI	NDBaI	UI
NDBI	1	0,98	0,65	0,99
EBBI	0,98	1	0,73	0,98
NDBaI	0,65	0,73	1	0,67
UI	0,99	0,98	0,67	1

Sur la base du tableau 2, l'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI) et L'indice urbain (UI) sont fortement corrélés $R^2=0.99$, ils appartiennent à la même famille (terrains bâtis). Ces deux indices utilisent le même proche infrarouge (NIR) et le court infrarouge (SWIR 1 pour le NDBI et SWIR2 pour UI). Le deuxième résultat obtenu est aussi la forte corrélation de l'indice de développement et de nudité (EBBI) avec le NDBI et UI dont le $R^2=0.98$. C'est un indice qui applique aussi le proche infrarouge (NIR) et le court infrarouge (SWIR). Les valeurs de corrélation des indices montrent une bonne précision de l'indice NDBI. La superposition de l'indice NDBI et de l'image OLI 8 en fausse couleur (Fig.3) a permis de classer de l'indice NDBI en trois classes : Végétation, sols nus et Urbain.

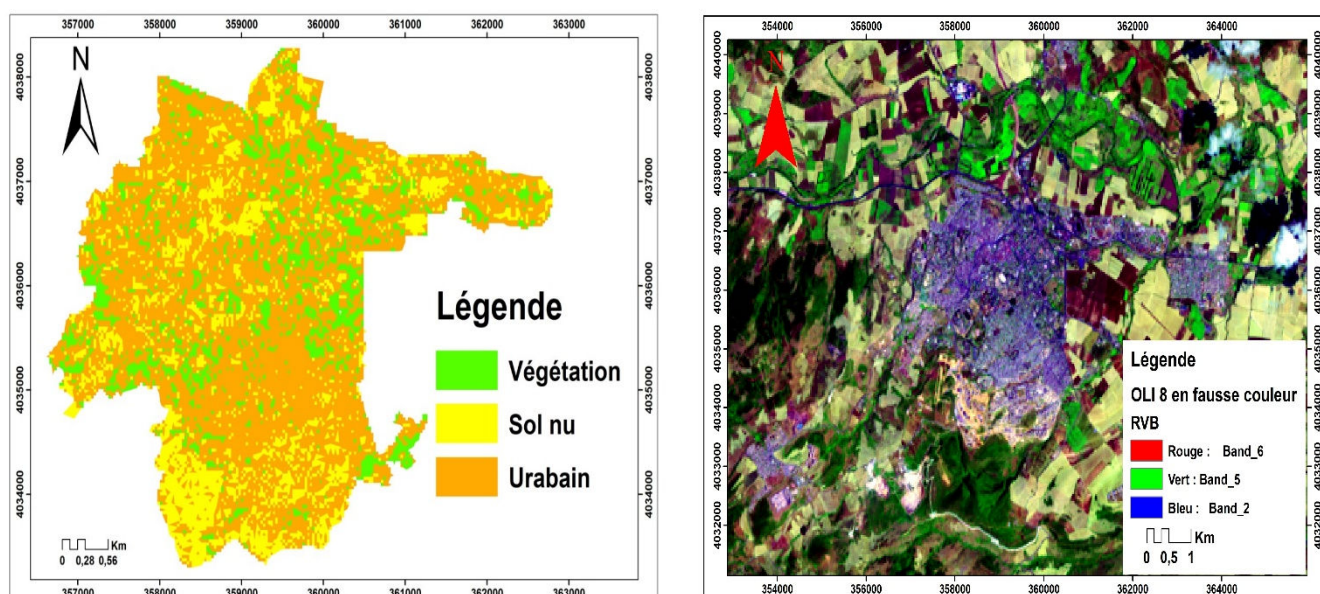


Fig. 3. *Classification de l'indice NDBI à partir de la combinaison des bandes spectrales 6,5 et 3 de l'image Oli 8*

L'opération de la classification de l'indice NDBI nous a permis de quantifier les unités d'occupation du sol de la ville de Guelma (Tableau 3).

Tableau 3. *Quantification des unités d'occupation du sol de la ville de Guelma*

Classes	Superficie en (Km ²)	%
Végétation	2	13,33
Sol nu	3	20,00
Urbain	10	66,67
Total	15	100

D'après le tableau 4, la végétation ne représente que de 2 Km² soit 13,33 % de la superficie totale de la ville. Cette superficie en réalité est répartie en espaces verts, champs des cultures fruitières et des reboisements. L'urbain qui domine avec 10 Km²

du total de la superficie représente généralement les grands quartiers de la ville (Oued el Maiz, Jouroudan, Bourouah, 19 juin, boulevard,), les établissements publics (hôpitaux, centre de soin, écoles, lycées, instituts, universités) et les administrations (siège de la Commune, siège de la Daïra, siège de la Wilaya, 84 bureaux qui rassemble certaines directions et la rue administration au sud de la ville). Les 3 km² de la classe du sol nu se localisent principalement dans la partie sud de la ville au niveau de Djbel Halouf où se trouvent actuellement les grands travaux de construction au détriment de la végétation (création une nouvelle ville).

4 CONCLUSION

Pour la présente étude, l'application des indices de télédétection a partir de l'image du programme Landsat 8 OLI/TIRS a pour objet de cartographier les terres bâties et les sols nus dans la ville de Guelma. Le résultat obtenu montre que l'indice NDBI a fait sortir un résultat acceptable pour cartographie les zones bâties et les sols nus. La corrélation entre les indices appliqués dans la ville de Guelma montre que l'indice NDBI est fortement corrélé avec l'indice UI et l'indice EBBi montre aussi une bonne corrélation avec NDBI et UI. La comparaison des indices avec la combinaison des bandes spectrales de l'image Oli 8 (6,5 et 2) a montré l'efficacité de l'indice NDBI pour la discrimination entre les zones bâties, la végétation et les sols nus. Cette comparaison a permis de classer l'indice NDBI et sortir les unités d'occupation du sol de la ville de Guelma.

REFERENCES

- [1] As-Syakur .A.R, I Wayan Sandi Adnyana, I Wayan Arthana I Wayan Nuarsa, "Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area". *Remote Sens.* 4, 2957-2970, 2012; doi: 10.3390/rs4102957.
- [2] Xu .H, "A new index for delineating built-up land features in satellite imagery". *Int. J. Remote Sens.* 29, 4269–4276, 2008.
- [3] Melesse. A.M, Weng. Q, Thenkabail. P.S, Senay .G.B, "Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modeling". *Sensors*, 7, 3209–3241, 2007.
- [4] As-Syakur.An .R, Osawa. T, Adnyana. I.W.S, "Medium spatial resolution satellite imagery to estimate gross primary production in an urban area". *Remote Sens.* 2, 1496-1507, 2010.
- [5] Weng. Q, *Remote Sensing of Impervious Surfaces: An Overview*. In *Remote Sensing of Impervious Surfaces*; Weng, Q., Ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2008.
- [6] Zha .Y, Gao. J, Ni .S, "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery". *Int. J. Remote Sens.*, 24, 583–594, 2003.
- [7] Khomarudin, M.R: *Tsunami risk and vulnerability: remote sensing and GIS approach for surface roughness determination, settlement mapping and population distribution modeling*. Dissertation der Fakultät für Geowissenschaften, der Ludwig-Maximilians-Universität München. – 2010.
- [8] Fajar. Y, Boedi. T, Syaiful. A, " Detection Settlements and Population Distribution Using GIS and Remotely Sensed Data, In the Surrounding Area of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia ". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, – volume 4 – issue 3 – pp 1–10, 2014.
- [9] Zhao. H.M, Chen. X.L, "Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+". *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, – Seoul, – Korea, – Volume 3, – 25– 29 July – pp. 1666–1668, 2005.
- [10] Widyasamratri. H, "Utilization of Urban Index and Vegetation Index Transformation on ASTER Image Satellite for Analysis Urban Environment Condition (Case: Semarang Municipality)". In *Proceedings of 10th N-AERUS Conference 2009*, Rotterdam, the Netherlands, 1–3 October 2009.

Contribution of a Geographical Information System to the study of soil erosion by water in the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou (Côte d'Ivoire)

Kouakou Hervé KOUASSI¹, Tanoh Jean-Jacques KOUA¹, Bi Gohi Ferdinand ZRO², and Yao Alexis N'GO³

¹UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire Géosciences et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: Soil erosion by water is soil loss due to water pulling and transporting the soil to a deposition site. This is the major cause of soil degradation and siltation of hydro systems. Knowledge of this phenomenon is therefore essential for better management of dam water resources. The site of the study is the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou. It is a small agricultural catchment area of 1630 ha in the center-west of Côte d'Ivoire. The objective of this work is to highlight the erosion by water risks and sediment transport. Thus, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was not only used to model the factors involved in the erosion process, but also for the calculation of soil losses through a Geographic Information System (GIS). The results show an average soil loss of 6.9 t/ha/year, which represents a soil loss of 11247 t/year in the Babadou dam watershed. In addition, the soil loss map, carried out, highlights the area's most sensitive to erosion with soil losses reaching 767.4 t/ha/year. They are generally at the regions of bare soils and areas of annual crops. The sustainability of the water resource of the hydro-agricultural dam at Babadou requires the correction of vegetation cover and the use of anti-erosion practices in these areas, with a view to reducing soil loss and sediment flow.

KEYWORDS: Water erosion, USLE, Babadou, GIS.

1 INTRODUCTION

Soil erosion by water is a major cause of soil degradation, silting, siltation and eutrophication of hydro systems. It is the loss of soil due to water that tears and transports the soils to a place of deposit. Globally, it causes an annual loss of land estimated at 25 billion tonnes. This natural phenomenon, exacerbated by human activities ([1], [2]), has disturbing consequences in many countries of the world. Indeed, water erosion of soils generates environmental problems including the reduction of their storage capacity by silting and siltation and thus the alteration of physicochemical and ecological quality and eutrophication.

As part of the sustainability of the water supply for agriculture, many water reservoirs have been made in Côte d'Ivoire. Most of these reservoirs suffer from silting and eutrophication. Also, there is very little study to understand this phenomenon in the context of Côte d'Ivoire. The lack of study leaves out the silting and eutrophication problems of these reservoirs. Moreover, the studies carried out are limited to the estimation of soil losses and do not sufficiently take into account the sedimentary flow in hydro systems. This does not allow to appreciate the rate of these reservoirs silting and eutrophication. Hence the need for this study to analyze the factors of soil erosion by water in the Babadou River watershed.

2 PRESENTATION OF BABADOU WATERSHED

The study area is a small agricultural catchment area of 1630 ha (Figure 1). This is the Babadou River watershed located in west-central Côte d'Ivoire between 6°44'6.74" and 6°42'29.62" North latitudes and 6°27'54.83" and 6°29'18.55" Westlongitudes. A hydro-agricultural dam, called Babadou dam, was built in 2017 on this watershed. This dam with a capacity of 1.57 million m³ and an area of 63.18 ha is designed for the irrigation of agricultural plots just downstream. The topography of the watershed is very low contrast with altitudes ranging from 214 to 285 m (Figure 1).

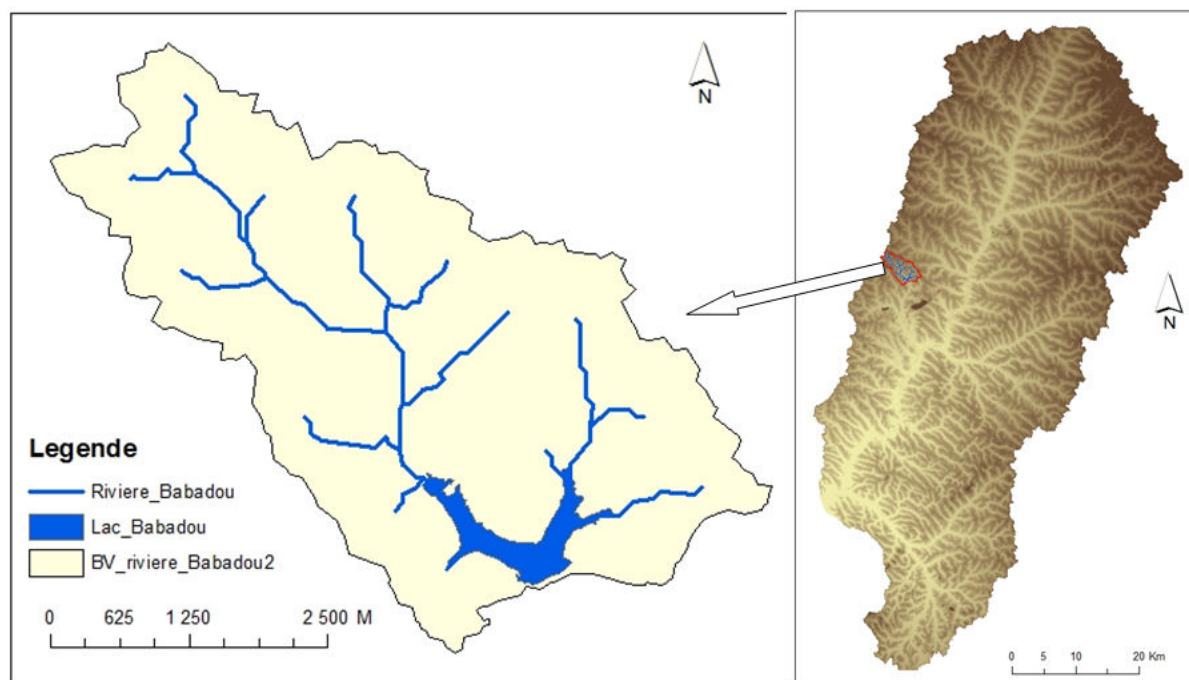


Fig. 1. Study area

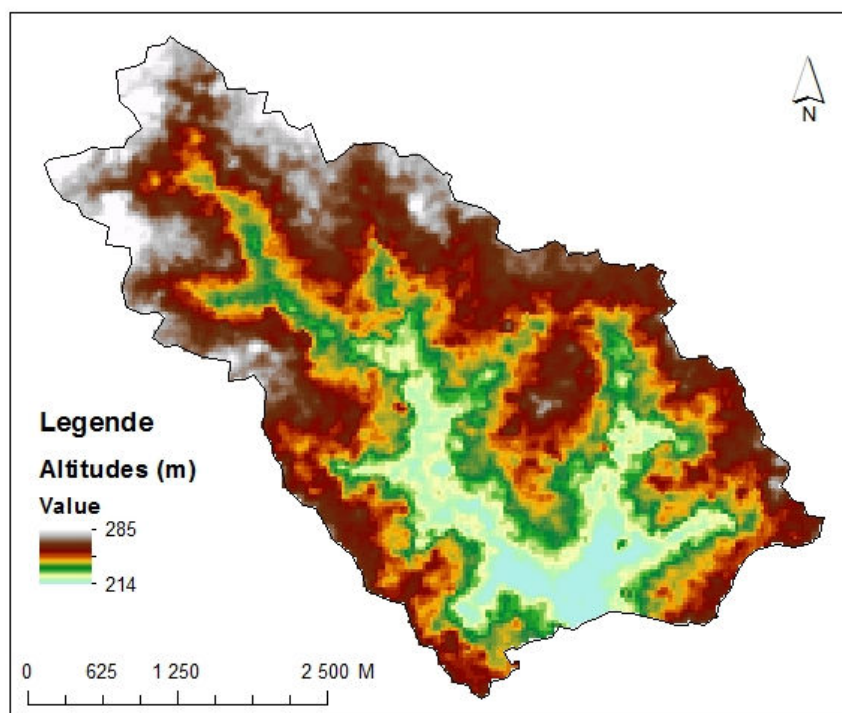


Fig. 2. Altitudes

3 MATERIAL ET METHOD

3.1 MATERIAL

REMOTE SENSING DATA

A Sentinel-2 image of the Multi Spectral Instrument (MSI) sensor (table 1) has been used for the study of land cover and for the C factor calculation. These data are available from ESA website: <https://scihub.copernicus.eu/>.

Table 1. Sentinel-2 image Characteristics

Bande	Multi-Spectral
Resolution spatiale	10m; 20m; 60m
Swath width	290 km
Dates	2017: December, 24
Source	https://scihub.copernicus.eu/

SOIL DATA

Most of the pedological data come from the FAO database. They present a description of the soils which makes it possible to obtain information on various parameters. For this study, the elements used are: percentages of organic matter, sand, silt and clays as well as the structure, texture and soil permeability. They were used for the K factor calculation.

RAINFALL DATA

Rainfall data are from nine (9) weather stations located near the study area. These stations, respectively center west and south-west of Côte d'Ivoire, were chosen because they have long series (at least 30 years of observations) and have a limited number of missing and erroneous values. The data cover the period from 1950 to 2000. They were used for the R factor calculation.

TOPOGRAPHIC DATA

The Digital Elevation Model (DEM) used is 30 m resolution and is available at the following site: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. It is used for the description of geomorphological parameters such as slope and topographic LS factor.

3.2 METHODS

There are many approaches to study soil moisture erosion. The methodological approach used for this study is based on the universal soil loss equation (USLE). This equation groups all the variables under five major factors ([3], [4]) :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Where,

A = rate of loss in soil (t/ha/year),

R = erosivity of the rain (MJ.mm/ha.h.year),

K = soil erodibility (t.ha.h/ha.MJ.mm),

LS = topographic factor integrating slope and slope length (dimensionless),

C = soil protection factor by vegetation cover (dimensionless),

P = factor expressing soil protection by agricultural practices (dimensionless).

3.2.1 R FACTOR

The rainfall erosivity (R Factor) provides information on climatic aggressiveness. There are several equations for the calculation of rainfall erosivity. In West Africa, the most commonly used equation is that developed by [5]. This equation establishes a relationship between the annual rainfall erosivity average over a sufficiently long period (20 to 50 years) and the rainfall annual average during the same period. It is expressed as follows:

$$R = a * H \quad (2)$$

With:

R: Average annual rainfall erosion expressed in MJ.mm/ha.h.year,

H: Average annual rainfall amount in mm

a: is a coefficient that takes the value of 0.5 in the study area.

Rainfall erosivity was calculated from rainfall data recorded by 9 weather stations located near the Babadou River watershed. An interpolation of the rainfall erosivity map was then done to have the spatial distribution of erosivity in the catchment area.

1.1.1. K Factor

The erodibility of a soil is reflected in the resistance inherent in the detachment and transport of particles by water. It is a function of the texture, the soil content of organic matter, the structure and the permeability of the soil. It was calculated using the following formula [3]:

$$K = 2.1 \times M^{1.14} \times 10^{-6} (12 - MO) + 0.0325 \times (b - 2) + 0.025 \times (c - 3)$$

With:

M = (% fine sand +% silt) * (100 - % clay)

MO = Organic matter

b = Soil structure index

c = Soil permeability

3.2.2 LS FACTOR

The LS factor is the topographic factor that combines both slope length and slope inclination. There are several equations for calculating the LS factor. For this study, we used the equation of [6], which depends on the slope, flow direction and accumulation. She expresses herself follows:

$$LS = [(FA * RS) / 22.1]^{0.4} * [(\sin(S * 0.01745) / 0.0896)]^{1.4} * 1.4$$

Or

FA: flow accumulation grid,

RS: Resolution of the DEM model (30m),

S: Gradient grid in degree.

3.2.3 C FACTOR

C Factor plays an important role in soil protection against erosion by water by reducing the splash effect and runoff. It is directly related to the different types of land use. The study therefore consisted in making a complete inventory of both natural and anthropogenic components of the landscape. A Sentinel-2 satellite image was used for this purpose. It allowed for a supervised classification to establish the watershed land use map.

To determine the value of the C factor corresponding to each type of land use, we have relied on the work of authors such as [3] and [5], who estimated the value of factor C for each type of land use (Table 2). The values of the factor C vary between 0 and 1.

Table 2. Value of C factor depending on the type of land use

Type of land use	C Factor
Bare soil	1
Degraded forest	0,7
Savannah with trees and shrubs	0,3
Degraded Grass Savannah	0,6
Mosaic of culture	0,5
Mangrove	0,28
Habitats	0,2
Wooded area	0,18
Paddy field	0,15
Dense forest	0,001
Water bodies	0

3.2.4 P FACTOR

The factor P expresses the influence of conservation methods on erosion. It takes into account soil conservation practices and cultural techniques implemented to reduce runoff and erosion. Contouring, alternating strip or terracing, reforestation in banquettes, ridging and ridging are the most effective soil conservation practices.

The factor can be taken over from the 0. The value 1 is attributed to the grounds on which no anti erosive practice is used.

3.2.5 SOIL LOSS ESTIMATION

GIS are commonly used for determining soil loss ([1], [2], [7], [8]). In this study, a GIS integrating the various factors involved in the process of soil erosion has been used for assessment and mapping of erosion rate at the watershed scale. Each factor is represented in the GIS by a layer representing the estimated values at the level of each watershed surface element (pixel). The overlay of the different gridsdata in the GIS makes it possible to have the value of the erosion rate at the level of each surface element of the watershed.

4 RESULTS

4.1 R FACTOR

Figure 3 shows the spatial distribution of rainfall erosivity in the watershed. It varies very little, with values ranging from 668.7 MJ.mm/ha.h.year South to 672.0 MJ.mm/ha.h.an North. The average value of the erosivity of the rains is 670.44 MJ.mm/ha.h.year. This shows an aggressive rain more important.

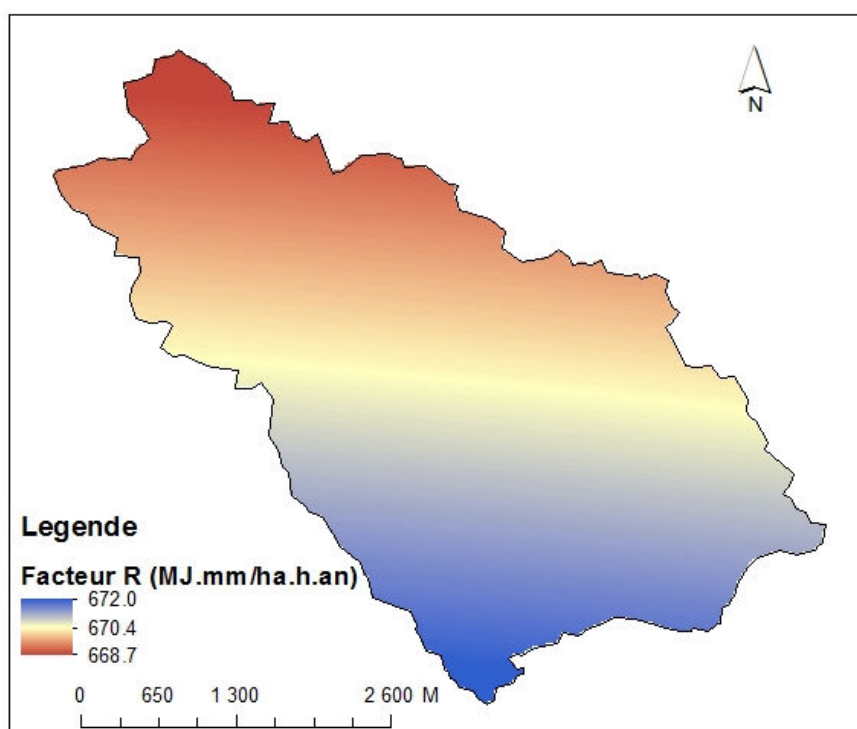


Fig. 3. R Factor

4.2 K FACTOR AND P FACTOR

The erodibility on the study area is constant with a value of $0.019 \text{ T.h.a.h} / \text{ha.MJ.mm}$. Soils are relatively insensitive to water erosion.

Otherwise, although the Babadou River watershed is an agricultural watershed, there are no erosion control practices. The value of the factor P is equal to 1 over the entire study area.

4.3 LS FACTOR

The LS factor varies from 0 to 88 (Figure 4). Which corresponds to a relatively flat topography. The average value of LS is 1.38 which shows that the topography is relatively flat. The relief reveals a less important sensitivity to erosive watershed processes.

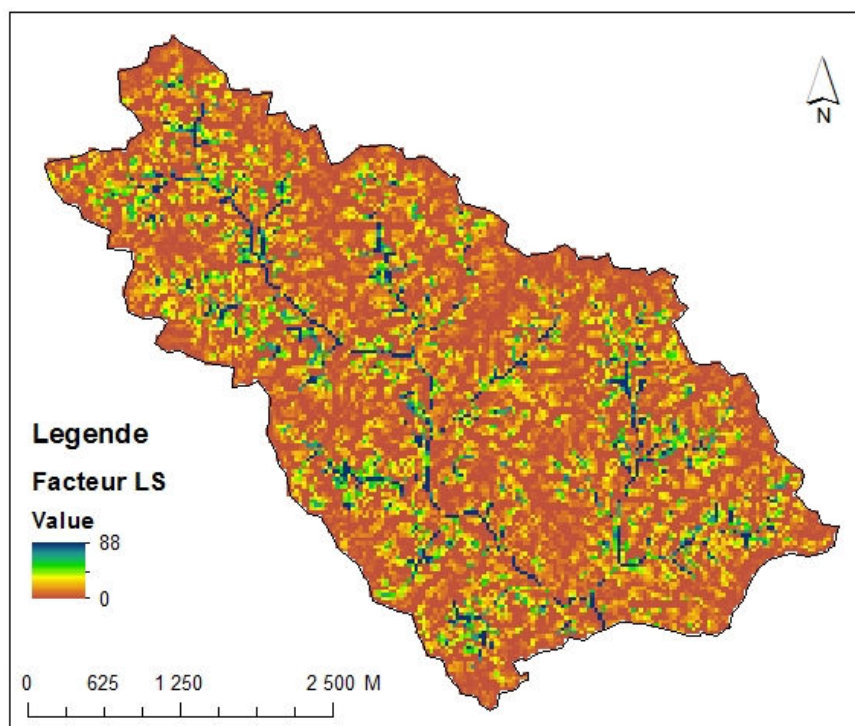


Fig. 4. LS Factor

4.4 C FACTOR

C Factor is related to land use and ranges from 0 to 1 with an average of 0.39. The different types of land cover in the study area (Figure 5) are habitats, bare soils, water bodies and vegetation cover mainly composed of degraded forests, fallow, perennial crops (plantations Hevea, cocoa, cashew nut ...) and annual crops.

The results show that the Babadou River watershed is an agricultural watershed. Crops occupy 1202 ha or 74% of the watershed. Tree crops (perennial crops) such as coffee, cocoa, palm or rubber provide good soil cover. Perennial crops are similar to reforested forests, characterized by a canopy. They protect the soil sufficiently against the impact of raindrops and runoff. These zones are associated with a lower coefficient than those occupied by more or less annual crops such as maize, peanuts, okra, tomatoes and cassava. The type of vegetation cover, consisting of annual crops, is the most sensitive to erosion processes. The highest coefficients (1) correspond to bare soils and.

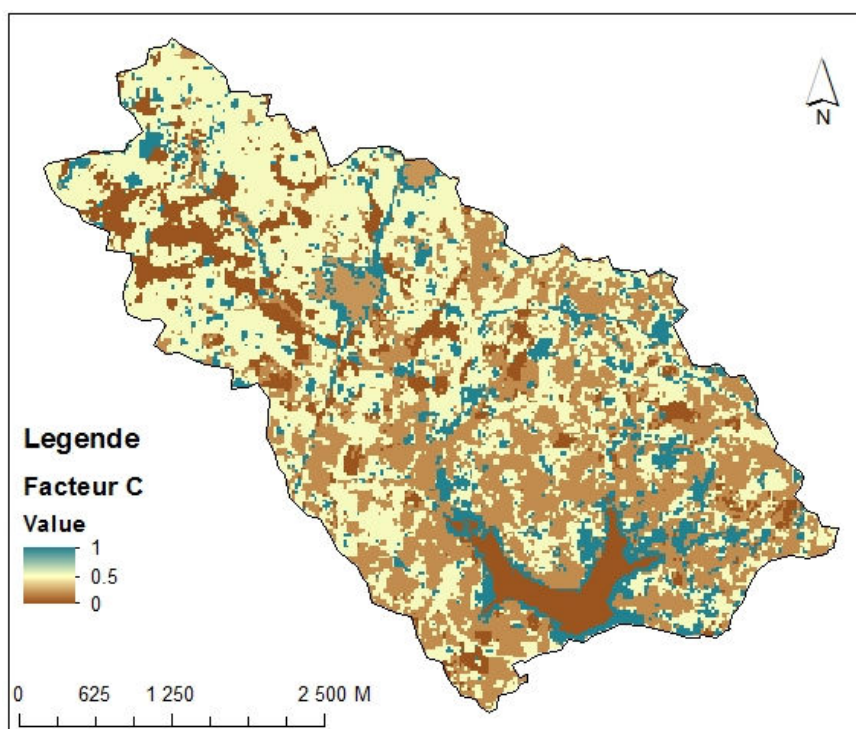


Fig. 5. C Factor

4.5 SOIL LOSS ESTIMATION

With the help of a GIS, the various factors involved in soil erosion by water have been crossed. This made it possible to estimate soil losses in the Babadou River watershed (Figure 6). The soil loss map shows several critical points in the watershed with soil losses of up to 767.4 t/ha/year.

Soil losses range from 0 to 767.4 t/ha/year. Soil losses due to water erosion are estimated at 6.9t/ha/year, on average at the Babadou River watershed scale. This corresponds to a total annual soil loss of 11 247 t/year in the Babadou River watershed.

Soil losses are higher in annual crop plots due to the presence of low cover crops (maize, etc.) in June and July, where rains are generally more erosive.

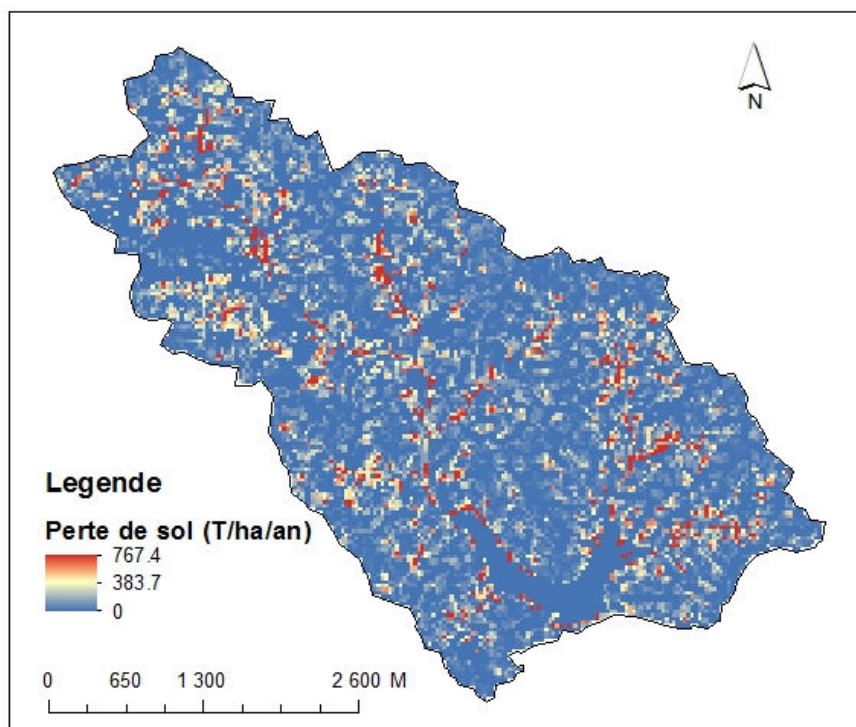


Fig. 6. Soil loss map of Babadou watershed

5 DISCUSSION

The universal soil loss equation (USLE) [3] was used to model the factors of soil water erosion through a GIS. As the results show, the R, K, and P factors in this equation vary very little. This is because the watershed of Babadou is relatively small (1630ha). This is not the case for factors C and LS.

The use of the Sentinel-2 image provides a better description of the land use and a better estimate of the C factor due to its resolution which is 10 to put. It is observed that the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou is subjected to a strong anthropization.

The results show an average soil loss of 6.9 t/ha/year, which represents a total annual soil loss of 11 247 t/year in the Babadou River watershed. Indeed, the soils are relatively well covered, with very little bare soil. The area of perennial crops is larger than that of annual crops. This plant cover spread evenly over the entire watershed reduces the impact of raindrops and brings to the soil organic matter that increases its structural stability. This helps to reduce soil loss. Our results confirm several studies, including that of [9], which clearly show the role of vegetation in soil protection.

However, soil erosion is exacerbated in bare soils and annual crops due to the presence of low cover crops in June and July where rains are generally more erosive. This poses a threat to soil productivity on most of the annual cropland in the watershed of the Babadou hydro-agricultural dam.

In addition, soil losses in the Babadou River watershed are lower than those obtained by [1] and [2] who worked in central western Côte d'Ivoire.

6 CONCLUSION

The objective of this study, carried out on the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou, is to highlight the risks of water erosion and sediment transport. The universal soil loss equation (Wischmeier and Smith (1978) was used to model the factors of this phenomenon through a GIS, which allowed a good knowledge of soil erosion by water with a map of the most sensitive areas to erosion: the results show an average soil loss of 6.9 t/ha/year, which represents an average total soil loss of 11 247 t/year in the catchment area. The Babadou River can therefore be used as a basis for decision making for better

management of soil and water resources. The monitoring and correction of certain factors involved in the erosion process in the most endangered areas may allow better management of soil and water resources.

REFERENCES

- [1] A. Y. N'Go, A. Z. Kouadio, J. P. A. Deguy, A. S. Hien, A. B. T. Goula and I. Savané, "Influence de la dynamique de l'occupation du sol sur la quantité de perte de sol au sud du bassin versant du Sassandra (Côte d'Ivoire)," *Int. J. Adv. Res.* 6(4), 830-838, 2018.
- [2] J.-P.A. Deguy, A.Y. N'Go, H.K. Kouassi, E.G. Soro, and, A. B. T. Goula, "Contribution of a Geographical Information System to the Study of Soil Loss Dynamics in the Lobo Catchment (Côte d'Ivoire)". *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 6, 183-194, 2018. <https://doi.org/10.4236/gep.2018.69014>
- [3] W.H. Wischmeier, D.D. Smith, "Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning," *Agricultural handbook*, USDA, Washington, 537 P, (1978).
- [4] B.M. Mati, R.P.C. Morgan, F.N. Gichuki, J.N. Quinton, T.R. Brewer et H.P. Liniger, "Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS : A case study of the Upper EwasoNg'iro North basin of Kenya," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* , vol. 2, n° .2, pp. 78-86, 2000.
- [5] E. Roose, "Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa," *Soil Conservation Society of America*, Ankeny, Iowa, pp. 50-71, 1977.
- [6] H. Mitsova, J. Hofierka , M. Zlocha & L. R. Iverson, "Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS," *International Journal of Geographical Information Systems*, 10:5, 629-641, 1996. DOI: 10.1080/02693799608902101.
- [7] E. Payet, P. Dumas et G. Pennober, "Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana," *Vertigo*, 2012. DOI: 10.4000/vertigo.12591.
- [8] J.-J. T. Koua, A. K. Anoh, D. T. Soro, J. K. Kouamé, & R. J. P. Jourda, "Evaluation of Agricultural Practices Scenarios for Reducing Erosion in Buyo Lake Catchment (Sassandra; Côte d'Ivoire) by Use of GIS," *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7, 154-171, 2019. <https://doi.org/10.4236/gep.2019.77011>
- [9] F. Rey, J. L. Ballais, A. Marre et G. Rovéra, "Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface". *Comptes rendus géoscience*, 336(11) : 991-998, 2004.

Biodiversité et statut de conservation des espèces végétales du site de la future zone agro-industrielle de Korhogo (Nord Côte d'Ivoire)

[Biodiversity and conservation status of plant species at the site of the next agro-industrial zone of Korhogo (North Ivory Coast)]

Cédessia Hervé Kéassemon KONE¹, Jean Magloire Coffi NIAMIEN², Kiyinlma COULIBALY¹, and Arsène KADIO³

¹Département de Biologie Végétale, UFR des Sciences Biologiques, Université Péléfero Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

²Département de Biologie Animale, UFR des Sciences Biologiques, Université Péléfero Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

³Département de sociologie, UFR des Sciences sociales, Université Péléfero Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: An environmental impact study was conducted in April 2019 as a prelude to the development of an industrial zone on the outskirts of the city of Korhogo. The purpose of this study was to collect data on the flora in order to assess the diversity and determine the conservation status of the species of the site. The itinerant flora inventory method and the phytosociological survey method were used. The results of the study indicate that the plant community consists of 73 species in 69 genera and 32 families. The most frequently encountered species are *Hyptis suaveolens* Poit., *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC., and *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. In addition, 5 species of high ethnobotanical value and 2 species according to the red list of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), *Carissa edulis* Vahl. and *Pterocarpus erinaceus* Poir., have a special status of conservation.

KEYWORDS: Biodiversity, conservation status, Environmental impact, phytosociology, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Une étude d'impact environnemental a été réalisée en avril 2019 en prélude à l'aménagement d'une zone industrielle à la périphérie de la ville de Korhogo. L'objectif de cette étude était de collecter des données sur la flore en vue d'évaluer la diversité et déterminer le statut de conservation des espèces dudit site. La méthode d'inventaire floristique itinérant et celle des relevés phytosociologiques ont été utilisées. Les résultats de l'étude indiquent que la communauté végétale est constituée de 73 espèces réparties en 69 genres et 32 familles. Les espèces les plus fréquemment rencontrées sont *Hyptis suaveolens* Poit., *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC., et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. En outre, 5 espèces de haute valeur ethnobotanique et 2 espèces selon la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources (UICN), *Carissa edulis* Vahl. et *Pterocarpus erinaceus* Poir., présentent un statut particulier de conservation.

MOTS-CLEFS: biodiversité, statut de conservation, Impact environnemental, phytosociologie, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La biodiversité, contraction de « diversité biologique », désigne la diversité du monde vivant. Le terme est apparu dans les années 1980 aux Etats-Unis mais c'est en 1992 qu'il a été popularisé, à l'occasion de la Conférence de Rio de Janeiro (Brésil).

La « Convention sur la diversité biologique » en son article 2 définit la biodiversité comme étant : « La variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre les espèces ainsi que celle des écosystèmes. » L'apparition du mot « biodiversité » coïncide avec la prise de conscience des menaces de disparition d'espèces liées à la modification et à la fragilisation de leurs milieux de vie [1]. Depuis lors, l'un des principaux défis du monde moderne est la conciliation de l'activité économique avec la protection et la conservation de la biodiversité, les préoccupations sociales et la bonne gouvernance [2]. Selon le code de l'environnement de Côte d'Ivoire, en son article 12, avant tout aménagement ou installation d'une unité industrielle sur un site, une étude d'impact environnemental et social s'impose aux promoteurs [3]. Ainsi, l'évaluation de l'état initial de la flore, de la faune et des écosystèmes apparaît avant tout comme un préalable à tout aménagement.

L'implantation d'une zone industrielle est une activité nécessitant le déboisement systématique et l'élimination du couvert végétal du site. Cela pourrait bien entendu entraîner la disparition de nombreuses espèces animales et végétales qui selon leur statut UICN, pourraient être menacées ou être en situation d'extinction. La présente étude phytosociologique a pour objectif principal de collecter des données sur la flore. De façon plus spécifique, il s'agit de Déterminer la composition des communautés végétales ; d'évaluer la diversité et la richesse spécifique de la flore et d'identifier les statuts biogéographique et de conservation des espèces.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué de la flore du sous-bois d'un verger de manguiers (*Mangifera indica* L.).

2.2 MATÉRIEL TECHNIQUE

Le matériel technique se résume à un Gps, pour la géolocalisation ; un ruban-mètre, pour les mesures ; de vieux journaux au format 25x30 et des presses en bois pour la confection de l'herbier.

2.3 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans la région du Poro, précisément à la périphérie de la ville de Korhogo. D'une superficie de 13.400 km², cette région fait partie du Nord de la Côte d'Ivoire. Elle est située entre les parallèles 8°26 et 10°27 de latitude Nord et 5°17 et 6°19 de longitude Ouest. La région du poro est limitée au Nord par la République du Mali, au Sud par la Région du Béré, à l'Est par les Régions du Tchologo et du Hambol et à l'Ouest par la Région de la Bagoué (Figure 1). Son climat est de type soudanais, marqué par une alternance de deux saisons : une saison sèche très marquée par l'harmattan entre décembre et janvier avec des piques de chaleur en mars et avril. Une saison des pluies qui s'étend de mai à octobre avec des pluviométries maximales en juillet et août. La température varie entre 24 et 34 degrés Celsius [4].

La végétation de la région, est du type savane arborée ou savane ouest soudanienne. Elle se caractérise par des arbres et arbustes, d'une hauteur comprise entre 8 et 12 m, disséminés avec une densité de couvert de l'ordre de 25 à 35 % [5].

2.4 ENVIRONNEMENT ÉCOLOGIQUE DU SITE ÉTUDIÉ

La parcelle d'étude d'une superficie totale de 25 ha est un espace fortement anthropisé. En effet, il s'agit d'une partie d'un grand verger de Mangier (*Mangifera indica* L.) et d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.). Ces vergers font l'objet de fréquents rabattages à la machette, en prélude à la cueillette et au ramassage de mangues et de noix d'anacarde.

En dehors des vergers, une petite parcelle de teck (*Tectona grandis* L. f.) et *Gmelina* (*Gmelina arborea* Roxb.), des champs de coton (*Gossypium* spp.) et deux jachères à *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. et *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn. ont été observés sur le site.

La végétation constituée essentiellement d'espèces de sous-bois, d'adventices et de jachère est quasi-inexistante à certains endroits. Cependant, certaines espèces réparties dans les vergers sont épargnées et bénéficient de la protection des propriétaires terriens du fait de leur valeur alimentaire ou médicinale.



2.5 COLLECTE DE DONNÉES

Deux méthodes de relevés de terrain ont été utilisées durant l'étude. Il s'agit des relevés de surface de Braun-Blanquet [6] et des relevés itinérants. Ces deux types de relevés sont complémentaires et permettent d'inventorier le maximum d'espèces [7], [8], [9].

L'étude floristique s'est déroulée en trois phases. La première, phase de repérage a permis de localiser les bornes et les limites de la parcelle. Cette visite guidée a permis de se faire une idée globale des différentes composantes de celle-ci. La deuxième phase a été un inventaire itinérant pour identifier et répertorier toutes les espèces présentant une quelconque valeur artisanale, alimentaire ou médicinale. Les espèces arborées ou arbustives de diamètre important (plus de 50 cm de diamètre) ont été répertoriées. La troisième phase a consisté en une étude phyto-sociologique pour déterminer les espèces les plus abondantes sur le site. Pour cela nous nous sommes bornés à une étude fréquentielle. Pour ce faire, une stratification en fonction des différents faciès de la végétation a été effectuée. 50 placettes de 5 m x 5 m, ont été délimitées et réparties sur l'ensemble de la parcelle (Figure 2).

2.6 ANALYSE FLORISTIQUE

La méthode des contributions spécifiques a été utilisée comme méthode d'analyse floristique. Elle permet de mettre en évidence l'amplitude de la dynamique et de la prolifération d'une espèce dans une phytocénose. La contribution spécifique $CsF(e)$ exprimée en pourcentage, est définie comme étant le rapport entre la fréquence spécifique ($FS(e)$) et la somme des fréquences spécifiques ($\Sigma FS(e)$) de toutes les espèces recensées au cours de l'échantillonnage [10], [8]. Son expression est la suivante :

$$CsF(e) = 100 \times \frac{FS(e)}{\Sigma FS(e)}$$

$FS(e)$: Fréquence spécifique de l'espèce (e);

$\Sigma FS(e)$: Somme des fréquences de toutes les espèces inventoriées

Ainsi, une espèce dont la contribution spécifique est inférieure à 1 est très peu productrice de biomasse, tandis que celle dont la CsF est supérieure à 4 est très productrice.



Fig. 2. Délimitation des placettes pour relevés phytoécologiques

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE FLORISTIQUE

L'étude de la flore du site a permis de recenser 73 espèces de plantes parmi lesquelles 64 sont issues des 50 relevés de surface et 9 de relevés itinérants. Elles se répartissent en 69 genres et 32 familles (Tableau I). Vingt-neuf (29) espèces ont une fréquence relative supérieure à 10% (Figure 3). Parmi celles-ci, quatre sont très productrices de biomasse (CSF(e) supérieure à 4). Ce sont : *Hyptis suaveolens* Poit., *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., avec des contributions spécifiques respectives de 9.43 %, 7.17 %, 5.12 % et 5.12 %. (Tableau I)

La plupart des genres recensés dans les placettes sont représentés par une seule espèce. Les genres les plus représentés sont : *Ficus*, *Euphorbia*, *Phyllanthus* et *Spermacoce* avec 2 espèces chacun. Les familles les plus riches en genres selon le tableau I, sont celles des Euphorbiaceae (9 genres), Poaceae (6 genres), Caesalpinaceae (4 genres), Mimosaceae (4 genres) et Verbenaceae (4 genres).

3.2 ESPÈCES PROTÉGÉES RECENSÉES SUR LE SITE

Les inventaires itinérants ont permis de répertorier 5 espèces protégées par les riverains en raison de leur haute valeur ethnobotanique. Il s'agit de *Adansonia digitata* L., *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G.Don, *Acacia senegal* (L.) Willd. et *Anthocleista vogelii* Planch. (Tableau II).

3.3 STATUT DE CONSERVATION UICN DES ESPÈCES RECENSÉES

Le statut de conservation des espèces recensées est présenté dans le tableau II. Seules 2 espèces *Carissa edulis* Vahl., *Pterocarpus erinaceus* Poir., présentent un statut particulier de conservation.

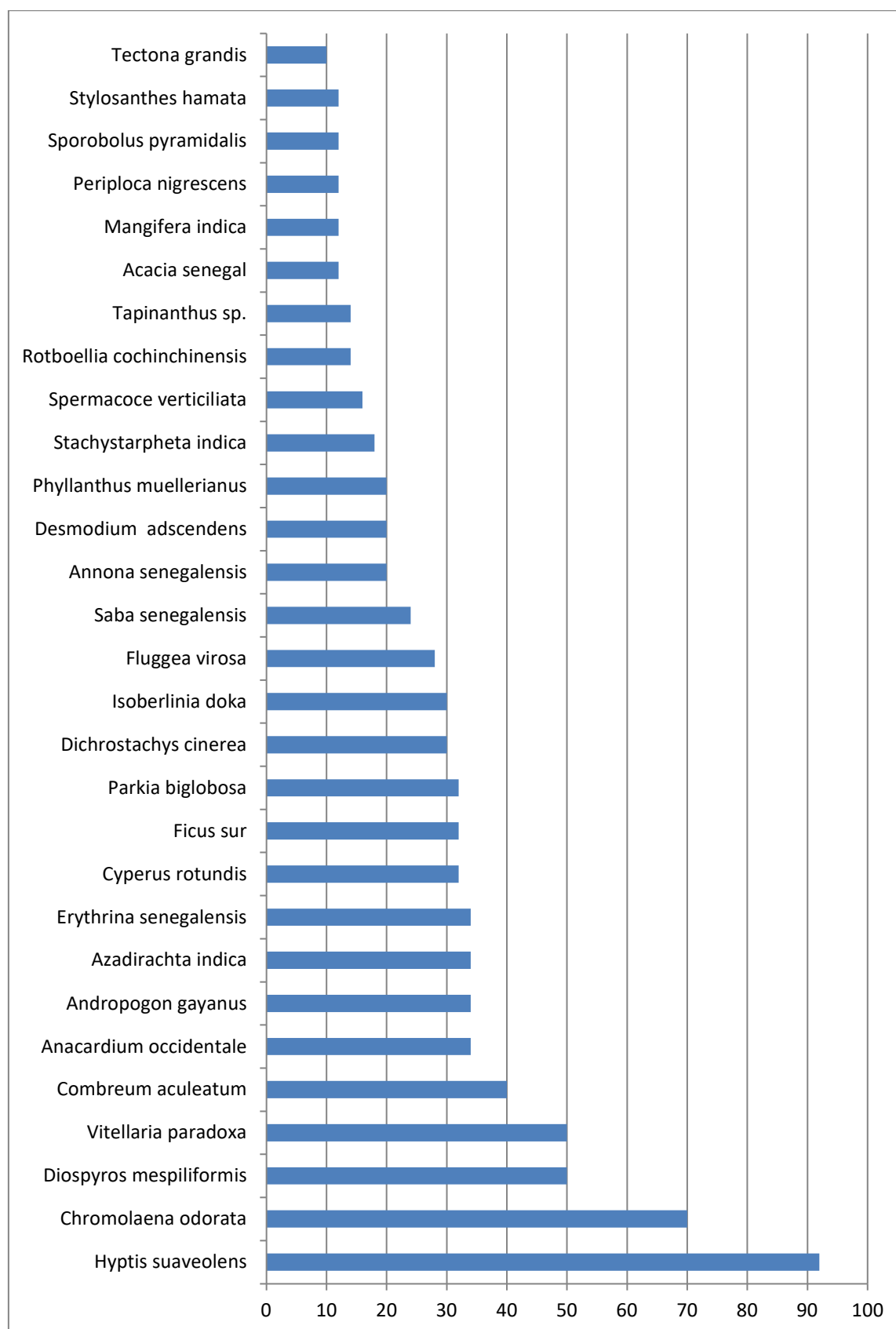


Fig. 3. *Fréquence relative des espèces recensées sur le site*

Tableau 1. Contribution spécifique et statut de conservation des espèces recensées sur le site

Espèce	Famille	Fa	CSF(e)	Statut UICN
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Mimosaceae	6	1,26	LC
<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	1	0,21	LC
<i>Aframomum sceptrum</i> (Oliv. & Hanb.) K Schum.	Zingiberaceae	1	0,21	LC
<i>Albizzia zygia</i> (D.C.) J.F.Macbr	Mimosaceae	1	0,21	LC
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	17	3,58	LC
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	17	3,58	LC
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	10	2,11	LC
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	3	0,63	LC
<i>Antiaris toxicaria</i> Lersch.	Moraceae	1	0,21	LC
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Fabaceae	1	0,21	LC
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae	17	3,58	LC
<i>Blighia sapida</i> König	Sapotaceae	1	0,21	LC
<i>Carissa edulis</i> Vahl.	Apocynaceae	1	0,21	EN
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpiniaceae	1	0,21	LC
<i>Cassia tora</i> L.	Caesalpiniaceae	3	0,63	LC
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. King & H. R.	Asteraceae	35	7,37	LC
<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Sterculiaceae	4	0,84	LC
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Combretaceae	1	0,21	LC
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	3	0,63	LC
<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	Euphorbiaceae	2	0,42	LC
<i>Cyperus rotundis</i> L.	Cyperaceae	16	3,37	LC
<i>Desmodium adscendens</i> (Swartz) D.C.	Fabaceae	10	2,11	LC
<i>Detarium microcarpum</i> Guill & Perr.	Fabaceae	1	0,21	
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.	Fabaceae	15	3,16	LC
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	Ebenaceae	25	5,26	LC
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	1	0,21	LC
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	Poaceae	1	0,21	LC
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	1	0,21	LC
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Euphorbiaceae	1	0,21	LC
<i>Ficus sur</i> Forssk.	Moraceae	16	3,37	LC
<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	1	0,21	LC
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Royle	Phyllanthaceae	14	2,95	LC
<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	2	0,42	LC
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Malvaceae	1	0,21	LC
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	Lamiaceae	46	9,68	LC
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae	4	0,84	LC
<i>Ipomoea involucreta</i> L.	Convolvulaceae	1	0,21	LC
<i>Isoblerlinia doka</i> Craib & Stapf	Caesalpiniaceae	15	3,16	LC
<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	1	0,21	LC
<i>Lannea acida</i> L.	Anacardiaceae	4	0,84	LC
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	6	1,26	LC
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) GLWebster	Phyllanthaceae	2	0,42	LC
<i>Mezoneuron benthamiaum</i> Desf.	Fabaceae	1	0,21	LC
<i>Ocimum canum</i> L.	Lamiaceae	1	0,21	LC
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae	1	0,21	LC
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G.Don	Mimosaceae	16	3,37	LC
<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult	Poaceae	1	0,21	LC

<i>Periploca nigrescens</i> Afzel	Apocynaceae	6	1,26	LC
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	1	0,21	LC
<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	Phyllanthaceae	1	0,21	LC
<i>Phyllanthus muellerianus</i> (Kuntze) Exell.	Phyllanthaceae	10	2,11	LC
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	Caesalpiniaceae	3	0,63	LC
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Fabaceae	1	0,21	EN
<i>Rotboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	7	1,47	LC
<i>Saba senegalensis</i> (A.DC.) Pichon	Apocynaceae	12	2,53	LC
<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.A.Bruce,	Rubiaceae	3	0,63	LC
<i>Secamone afzelii</i> (Schult.) K. Schum	Apocynaceae	1	0,21	LC
<i>Securidaca longipedunculata</i> Fres.	Polygalaceae	1	0,21	LC
<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Malvaceae	2	0,42	LC
<i>Sida urens</i> L.	Malvaceae	4	0,84	LC
<i>Smilax anceps</i> Willd.	Smilacaceae	1	0,21	LC
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	Bignoniaceae	1	0,21	LC
<i>Spermacoce stachydea</i> de Candolle	Rubiaceae	2	0,42	LC
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	8	1,68	LC
<i>Sporobolus pyramidalis</i> P.Beauv.	Poaceae	6	1,26	LC
<i>Stachytarpheta indica</i> (L.) Vahl	Verbenaceae	9	1,89	LC
<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC.	Apocynaceae	2	0,42	LC
<i>Stylosanthes hamata</i> (L.) Taub	Fabaceae	6	1,26	LC
<i>Tapinanthus</i> sp.	Loranthaceae	7	1,47	LC
<i>Tectona grandis</i> L. f.	Verbenaceae	5	1,05	LC
<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn.	Sapotaceae	25	5,26	LC
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Lamiaceae	4	0,84	LC
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler.	Rutaceae	17	3,58	LC

LC : Least Concern (Préoccupation mineure); En : Endangered (En danger)

Fa : Fréquence absolue

Fr : Fréquence relative

CSF(e) : Contribution spécifique due à la fréquence de l'espèce

Tableau 2. Espèces à haute valeur ethnobotanique

Espèce	Famille	Usage ethnobotanique	Nombre d'individus
<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	-Alimentation -Rituel magico-religieux	1
<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn.	(Sapotaceae)	-Fabrication du beurre de karité	6
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G.Don	(Mimosaceae)	-médecine traditionnelle -alimentation	12
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	(Mimosaceae)	-Extraction de la gomme arabique	4
<i>Anthocleista vogelii</i> Planch.	(Loganiaceae)	-exploitation médicamenteuse	1

4 DISCUSSION

L'inventaire floristique réalisé au cours de cette étude a permis de recenser 73 espèces réparties en 69 genres et 32 familles. Cela démontre une faible diversité floristique sur le site. Cela pourrait s'expliquer par les entretiens fréquents réalisés dans le sous-bois des vergers de manguiers et d'anacardiens. Un inventaire similaire réalisé dans le cadre d'une étude comparative entre le sous-bois des jachères artificielles à Légumineuses arborescentes et celui des jachères naturelles dans la même région a permis de recenser 17 familles, 37 genres et 44 espèces [11]. Cela met en exergue une différence dans la richesse spécifique, différence qui pourrait s'expliquer par la différence de spéculations culturelles.

Les espèces prédominantes sur le site sont *Hyptis suaveolens* Poit., *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC., et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. Ce résultat confirme la prolifération de *Hyptis suaveolens* Poit. dans les vergers et les pâturages dans la région du Poro come relevé par Camara (2016). Peu appréciée par les animaux d'élevage, l'infestation des pâturages par *Hyptis suaveolens* Poit. réduit la qualité de ceux-ci. De même, *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R. est une espèce envahissante dans la moitié sud du pays [12]. La forte présence de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. et de *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., révèle la forte capacité de régénération et de reconstitution de la flore initiale. D'un point de vue ethnobotanique, ces 2 dernières espèces sont très utilisées par les populations locales. En effet, *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. est un bois d'œuvre très prisé, utilisé surtout pour la confection de meubles. Par ailleurs, les fruits de *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. sont utilisés pour la fabrication du beurre de karité.

Les espèces *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G.Don et *Acacia senegal* (L.) Willd. ont un intérêt socio-économique. En effet, la farine de la gousse de *Parkia biglobosa* le « néré » et les graines séchées « soubmalla » sont consommées. Le soubmalla a des vertus thérapeutiques ; il permet de lutter contre l'hypertension artérielle.

Acacia senegal (L.) Willd., est l'arbre qui produit la gomme arabique.

La gomme arabique est un exsudat de sève descendante solidifié, produit naturellement ou à la suite d'une incision sur le tronc et au pied de l'arbre. C'est une matière première essentielle pour l'industrie agro-alimentaire et sert principalement d'émulsifiant, spécialement pour les huiles d'agrumes, de colloïde protecteur dans les émulsions et de supports pour les arômes [13].

Les espèces *Carissa edulis* Vahl. et *Pterocarpus erinaceus* Poir., identifiées dans le cadre de cette étude sont classées sur la liste rouge de l'IUCN. Ces espèces en voie de disparition présentent divers intérêts. *Carissa edulis* Vahl. est une plante mellifère et ornementale parfois plantée en haie vive. En plus, elle a des propriétés médicinales connues des peuples d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Les parties utilisées sont le fruit, la racine et le bois [14], [15]. La pulpe du fruit au goût agréable est comestible crue, en confiture ou au vinaigre [16], [17], [14]. En outre, les feuilles servent d'aliment aux chèvres et aux chameaux.

5 CONCLUSION

L'étude floristique de la zone d'aménagement d'un site agro-industriel à Korhogo a permis de recenser 73 espèces comprenant 69 genres regroupés en 32 familles. Les espèces prédominantes sur le site sont *Hyptis suaveolens* Poit., *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. R., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC., et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. Les familles les plus riches en espèces sont celles des Euphorbiaceae (9 espèces), Fabaceae (9 espèces), Poaceae (6 espèces), Caesalpiniaceae (4 espèces), Mimosaceae (4 espèces) et Verbenaceae (4 espèces).

Cinq espèces à haute valeur ethnobotanique ont été identifiées. Il s'agit de *Adansonia digitata* L., *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G.Don, *Acacia senegal* (L.) Willd. et *Anthocleista vogelii* Planch.

Par ailleurs, les inventaires ont permis de répertorier deux espèces *Carissa edulis* Vahl., et *Pterocarpus erinaceus* Poir., enregistrées sur la liste rouge de l'IUCN.

REFERENCES

- [1] Convention sur la biodiversité. Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement tenue les 3 juin 1992-14 juin 1992. 30 pages, 1992.
- [2] Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), Breaking New Ground. IIED, WBCSD, 32 p., 2002.
- [3] Loi n° 96-766 du 3 octobre 1996 portant Code de l'Environnement. Ministère des eaux et forêts de RCI. 27 pages, 1996.
- [4] ARDCI : <https://www.ardcird.org/index.php/vie-des-regions/poro>. Consulté le 17/07/2019, 2019.
- [5] Wikipedia: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Korhogo>. Consulté le 17/07/2019. 2019.
- [6] Gounot M., « Méthodes d'étude quantitative de la végétation ». Masson Editeur, Paris, 1969, 314 pages, 1969.
- [7] Boraud N.K.M., « Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Ferké 1 et 2, de Borotoukoro et de Zuenoula, en Côte d'Ivoire ». Thèse de 3ième cycle, U.F.R. Biosciences Uni. Cocody, Côte d'Ivoire, 181
- [8] Ipou Ipou J., « Biologie et écologie de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au Nord de la Côte d'Ivoire ». Thèse unique de Botanique U.F.R. Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 191 p., 2005.
- [9] Koné K.H.C., « Etude écologique et phytosociologique des peuplements monospécifiques à haut rendement ligneux de *Tectona grandis* L. f. (Verbenaceae) : teck dans les forêts classées de la Sangoué et de la Rasso en Côte d'Ivoire ». Thèse unique de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny. 208 p., 2012.
- [10] Daget et Poissonet, « Analyse phytologique des prairies, Applications agronomiques. Docum. N° 48 CNRS – CEPE, 67 p. 1969.

- [11] Soro S., N'guessan K. A., Traoré D. et Ouattara N., « Impact des jachères sur la flore adventice au nord de la côte d'ivoire ». *Agronomie Africaine* 18 (3) : 253-265 (2006). 2006.
- [12] Aman kadio G. « Flore et végétation des adventices dans l'hévéaculture en Basse Côte-d'Ivoire: (station expérimentale de l'I.R.C.A.) : étude écologique : dynamique et structure ». Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abidjan. 194 pages, 1978.
- [13] Wikipedia, 2019. https://fr.wikipedia.org/wiki/Gomme_arabique. Consulté le 13 septembre 2019. 2019.
- [14] Arbonnier M., « Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest ». cirad, mnhn, 541 p., 2000.
- [15] Ruffo K. C., Birnie A. et BO T., « Edible Wild Plants of Tanzania ». ISBN 9966-896-62-7. 767 pages, 2002.
- [16] Vivien J. et Faure J.j., « Arbres des forêts denses d'Afrique centrale ». ISBN : 2-11-084796-4 92-9028-065-4. 565 pages, 2011.
- [17] Malgras R. P. D., « Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes ». Paris, Editions KARTHALA et ACCT. 478 pages, 1992.

Implémentation en Java du système de codage d'informations basé sur le code de Hamming (7,4)

[Java Implementation of Information Coding System Based on Hamming Code (7.4)]

KABEYA TSHISEBA Cedric

Département de Mathématique et Informatique, Faculté de Sciences, Université Pédagogique Nationale (UPN), Ngaliema, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2020 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 idea of linear coding is simple: by an injective linear application we send a space of binary words in a larger space, hoping that the redundancy introduced helps us to detect and correct the transmission errors. Among the so-called linear codes, we consider in the context of this article the Hamming code which is a perfect code, because for a given code length there is no other more compact code having the same capacity correction. In this sense its yield is maximum. In this work, we have proposed an algorithm based on the above characteristics of the Hamming code, which we can implement in a given programming language.

KEYWORDS: Error correcting codes, linear codes, cyclic codes, Hamming codes, Hamming weight, Hamming distance.

RÉSUMÉ: L'idée du codage linéaire est simple: par une application linéaire injective on envoie un espace de mots binaires dans un espace plus grand, en espérant que la redondance introduite nous aide à détecter et corriger les erreurs de transmission. Parmi les codes dits linéaires, nous considérons dans le cadre de cet article le code de Hamming qui en soit est un code parfait, du fait que pour une longueur de code donnée, il n'existe pas d'autre code plus compact ayant la même capacité de correction. En ce sens, son rendement est dit maximal. Dans ce travail, nous avons su proposer un algorithme basé sur les caractéristiques ci-dessus du code de Hamming, que nous avons ensuite bien pu implémenter ici en Java.

MOTS-CLEFS: Codes correcteurs d'erreurs, codes linéaires, codes cycliques, codes de Hamming, poids de Hamming, distance de Hamming.

1 INTRODUCTION

Communiquer à grande distance tel qu'avec les sondes spatiales, à l'autre bout du système solaire pose le problème de la fiabilité du message transmis. A cause de diverses sources de perturbations électromagnétiques, une transmission sur une telle distance est obligatoirement parasitée. Pourtant, dans ce domaine et dans bien d'autres, il est primordial que les informations collectées par les sondes soient bien reçues. D'où, le recours dans le cadre de cet article scientifique aux codes correcteurs d'erreurs, en vue de sécuriser la transmission, en rajoutant au message à transmettre des informations supplémentaires, qui permettent de reconstituer le message au niveau du récepteur.

A travers cet article nous proposons un algorithme pour le codage et le décodage des messages à caractère confidentiel, tout en se basant sur un système de codage linéaire de Hamming (7,4).

Ce qui a orienté notre choix vers ce système de codage, c'est le fait qu'il soit éminemment utilisé, dans le cadre de cryptage de données critiques, censé n'être connu que de l'expéditeur et du destinataire.

Bien long à décoder, l'objectif de ce code est la transmission d'un message de quatre bits avec suffisamment de redondances pour que, même si une altération se produit, le récepteur soit capable de corriger automatiquement l'erreur.

1.1 INTRODUCTION À LA THÉORIE DE CODES CORRECTEURS D'ERREURS

1.1.1 CODES LINÉAIRES

En théorie des codes, un code linéaire est un code correcteur ayant une certaine propriété de linéarité.

Les codes linéaires sont utilisés pour la détection d'altérations [1], avec comme méthode de correction associée une demande de retransmission, la technique utilisée la plus usuelle est alors la somme de contrôle. Elles sont utilisées dans une multitude de situations, depuis quelques erreurs isolées à de vastes altérations ou des phénomènes d'effacements.

1.1.1.1 DÉFINITIONS [3][4][4]

Soit p un nombre premier, d'une puissance de p , n un entier strictement positif et k un entier plus petit que n . Un code linéaire C de dimension k et de longueur n est un sous-espace vectoriel de F_d^n de dimension k . Si d est égal à deux, le code est dit binaire. Sinon, on parle de code linéaire de base d .

Au regard de notre définition, F_d désigne l'unique corps à d éléments. On remarque que l'espace vectoriel des suites à valeurs dans F_d est identifié à F_d^n . L'espace vectoriel F_d^n est muni de la distance de Hamming.

Comme pour les autres codes correcteurs, la notion de paramètres s'applique. Cependant, pour tenir compte de la structure d'espace vectoriel, elle est un peu modifiée :

Les paramètres d'un code sont notés $[n, k, \delta]$ ou δ désigne la distance minimale entre deux points du code.

La définition de paramètre pour les codes linéaires n'est donc pas compatible avec celle, plus générique utilisées pour les codes correcteurs. Pour cette raison, traditionnellement les paramètres d'un code linéaire sont notés $[n, k, \delta]$ et ceux d'un code correcteur général $\{n, M, \delta\}$.

Il faudra noter l'existence ici d'une application d'encodage : φ .

L'application d'encodage φ d'un code linéaire est une application linéaire injective de F_d^k dans F_d^n .

La matrice G de F_d^n dans les bases canoniques est dite matrice génératrice du code C . Elle vérifie l'égalité suivante :

$$\forall x \in F_d^k, x \cdot G = \varphi(x) \in C \subset F_d^n$$

Le contrôle permettant la vérification et les éventuelles corrections est donné par une application linéaire h de F_d^n dans F_d^{n-k} ayant pour noyau C . La théorie de l'algèbre linéaire montre qu'une telle application existe, il suffit par exemple de considérer un projecteur sur un sous-espace supplémentaire de C parallèlement à C .

La matrice H de h dans les bases canoniques est dite matrice de contrôle du code C . Elle vérifie les propriétés suivantes:

$$\forall x \in F_d^n, H^t \cdot x = 0 \Leftrightarrow x \in C$$

Le terme de matrice de parité est aussi utilisé pour désigner la matrice de contrôle.

1.1.1.2 PROPRIÉTÉS

Toutes les propriétés de l'algèbre linéaire s'appliquent aux codes linéaires. Le code est ainsi à la fois plus facile à implémenter et à décoder. De plus les outils de génération d'espace vectoriel comme l'espace dual ou le produit tensoriel permettent de concevoir des nouveaux codes, parfois plus adaptés aux contraintes industrielles.

1.1.1.3 MATRICE GÉNÉRATRICE

L'application d'encodage est linéaire, elle se représente donc et se calcule grâce à sa matrice génératrice. Un code est entièrement défini par sa matrice génératrice, de dimension $k \times n$. De plus comme les propriétés de son code ne dépendent que de la géométrie $\varphi(E)$. Si f est un isomorphisme de E , le code défini par l'application $\varphi \circ f$ est le même que celui de φ . Ce qui donne lieu à la définition suivante :

Deux codes sur un même alphabet F_d de longueur k définis par deux matrices génératrices G et G' tel qu'il existe une matrice carrée inversible P d'ordre k vérifiant $G = G'.P$ sont dits équivalents.

Il existe une forme particulièrement simple pour la matrice G :

Un code linéaire dont la matrice génératrice possède pour k premières lignes une matrice identité d'ordre k est dit code systématique.

Les coordonnées de la matrice C correspondent à la redondance, leur objectif est la détection et la correction d'erreurs éventuelles:

Les $n - k$ dernières coordonnées d'un mot du code systématique sont dites bits de contrôle ou parfois somme de contrôle.

1.1.1.4 MATRICE DE CONTRÔLE

Dans le cas linéaire, le code est un sous-espace vectoriel de dimension k . Il existe alors une application linéaire surjective de F dans un espace de dimension $n - k$ ayant pour noyau exactement le code :

$$x \in \varphi \Leftrightarrow H^t \cdot x = 0$$

Une matrice de contrôle d'un code $\varphi(E)$ est une matrice H de dimension $n \times n - k$ tel que :

$$\text{Si } G = (c^{1k}) \text{ alors } H = (-C \ I_{n-k})$$

1.1.1.5 DISTANCE DE HAMMING [5]

Dans le cas d'un code linéaire, la distance de Hamming s'exprime comme une distance issue d'une pseudo-norme. Le poids de Hamming, qui a un code associe le nombre de coordonnées non nulles, joue ici le rôle de pseudo-norme.

Si ω désigne le poids de Hamming pour un code linéaire C , alors la distance de Hamming d est définie par la formule suivante :

$$\forall x, y \in C \ d(x, y) = \omega(x - y)$$

La linéarité de la structure sous-jacente introduit une propriété directe :

La distance minimale δ entre deux points du code est égale au minimum du poids des mots du code non nuls.

Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que si x et y sont deux mots du code, alors leur différence est aussi un mot du code.

1.1.1.6 CODES DE HAMMING [5]

Un code de Hamming est un code correcteur linéaire. Il permet la détection et la correction automatique d'une erreur si elle ne porte que sur une lettre du message.

Pour une longueur de code donnée il n'existe pas d'autre code plus compact ayant la même capacité de correction. En ce sens son rendement est maximal. D'où, la perfection du code de Hamming.

Il existe une famille de codes de Hamming ; le plus célèbre et le plus simple après le code de répétition binaire de dimension trois et de longueur un est sans doute le code binaire de paramètres $[7,4,3]$. Pour chaque alphabet ayant pour nombre de lettres une puissance d'un nombre premier et pour chaque longueur l de code il existe un code de Hamming utilisant cet alphabet et de longueur au moins égal à l .

Plusieurs méthodes permettent de construire un code de Hamming. Une approche consiste à rechercher les codes cycliques de distance minimale égale à trois, le code apparait alors comme un cas particulier de code BCH (*Bose, Ray-Chaudhuri et Hocquenghem*). Il est aussi possible d'utiliser uniquement les outils de l'algèbre linéaire et particulièrement la théorie des matrices.

1.1.1.7 CODE DE HAMMING (7,4) [6]

En théorie des codes, le Code de Hamming (7,4) est un code correcteur linéaire binaire de la famille des codes de Hamming. À travers un message de sept bits, il transfère quatre bits de données et trois bits de parité. Il permet la correction d'un bit

erroné. Autrement dit, si, sur les sept bits transmis, l'un d'eux au plus est altéré (un « zéro » devient un « un » ou l'inverse), alors il existe un algorithme permettant de corriger l'erreur.

Le code de Hamming(7,4) a pour objectif la transmission d'un message de quatre bits avec suffisamment de redondances pour que, même si une altération se produit, le récepteur soit capable de corriger automatiquement l'erreur. Le message envoyé est en conséquence plus long. Dans la pratique il contient sept bits, quatre composent le message et les trois autres servent à détecter et à corriger l'erreur, si nécessaire.

L'erreur que protège ce code est nécessairement limitée. Si les sept bits transmis sont tous modifiés, il est vain d'espérer retrouver le message originel. La protection contre la modification d'un unique bit est parfois largement suffisant, c'était le cas de la situation d'Hamming. Une modification d'un unique bit, c'est-à-dire d'un trou non lu sur la carte perforée ou d'une absence de trou considéré comme un trou est relativement rare. Supposons que cette situation se produit sur une série de quatre en moyenne une fois sur mille. Alors cinquante heures d'exécution de programme, qui utilisent par exemple de l'ordre de mille séries voit sa probabilité d'arrêt supérieure à soixante pour cent. La probabilité de trouver deux erreurs sur une série de sept est inférieure à un sur cinq cent mille. L'utilisation de mille séries de longueur sept possède une probabilité d'arrêt inférieure à deux pour mille dans le cas d'une utilisation de cinquante heures si les messages sont protégés par le code. C'était largement suffisant pour éradiquer la frustration d'Hamming.

2 ALGORITHME BASÉ SUR LES CODES DE HAMMING (7,4)

Nous présentons dans cette partie de notre article un algorithme lié au codage et décodage de messages à caractère confidentiel, tout en se basant sur un système de codage linéaire, particulièrement le code de Hamming (7,4).

Nous avons porté notre choix sur ce système de codage pour le fait qu'il soit de plus en plus utilisé, et plus encore par les experts de la sécurité informatique, dans le cadre de cryptage de données critiques, censé n'être connu que de l'expéditeur et du destinataire.

L'objectif du code est la transmission d'un message de quatre bits avec suffisamment de redondances pour que, même si une altération se produit, le récepteur soit capable de corriger automatiquement l'erreur. Le message envoyé est en conséquence plus long. Dans la pratique il contient sept bits, quatre composent le message et les trois autres servent à détecter et à corriger l'erreur, si nécessaire.

2.1 ALGORITHMES PROPOSÉ

Coder et décoder un message tout en se basant sur le code de Hamming, particulièrement le Hamming(7,4), revient respecter les étapes ci-dessous:

2.1.1 LE CODAGE

Cette étape consiste à la construction du code, identifiant ainsi les quatre bits de données notés d1, d2, d3 et d4 (4) et des trois bits de parité notés p1, p2, p3 (3 $\rightarrow$ 4+3 = 7Bits).

2.1.1.1 ALGO

Variable

*d1, d2, d3, d4, p1, p2, p3 Binaire /*Déclaration des variables liées aux bits de données (d1, d2, d3, d4) et des variables liées au bits de parités(p1, p2, p3).*/*

Début

```
/*Entrée du message, constitué de quatre bits de données*/
Saisir d1
Affecter d1 : d1
Saisir d2
Affecter d2 : d2
Saisir d3
Affecter d3 : d3
```

```

Saisir d4
Affecter d4 : d4
Afficher «le message clair est : »d1d2d3d4
/*Codage du message et ajout des bits de parités*/
Saisir p1
Affecter p1 : p1
Saisir p2
Affecter p2: p2
Saisir p3
Affecter p3 : p3
Afficher «le message codé est : » p1p2d1p3d2d3d4

```

Fin

2.1.2 LE DECODAGE

Le précédent point va nous permettre de coder un message tout en se basant sur le code de hamming(7,4), tandis que cette étape va consister au décodage du code codé sur base du code de hamming(7,4)

2.1.2.1 ALGO

Variable

*b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7 Binaire /*Déclaration des variables liées aux bits codés constituant donc le message non clair , qu'il faudra par la suite vérifier pour y identifier des probables erreurs */*

Début

```

/*Entré des bits du message codé, constitué de quatre bits de données*/
Saisir b1
Affecter b1 : b1
Saisir b2
Affecter b2 : b2
Saisir b3
Affecter b3 : b3
Saisir b4
Affecter b4 : b4
Saisir b5
Affecter b5 : b5
Saisir b6
Affecter b6 : b6
Saisir b7
Affecter b7 : b7
Afficher «le message codé reçu est : » b1b2b3b4b5b6b7
/*Détection et correction d'erreurs dans le message codé reçu */
Si b1+b3+b5+b7 = 0 alors
    Afficher «Pas d'erreurs pour le premier bit de parité(p1) »
Sinon
    p1=b1
    Si p1 = 1 alors
        Affecter à p1 : 0
    Sinon
        Affecter à p1 :1
    Fin si
Fin si
Si b2+b3+b6+b7 = 0 alors

```

```

    Afficher «Pas d'erreurs pour le premier bit de parité(p2) »
Sinon
    P2=b2
    Si p2 = 1 alors
        Affecter à p2 : 0
    Sinon
        Affecter à p2 :1
    Fin si
Fin si
Si b4+b5+b6+b7 = 0 alors
    Afficher «Pas d'erreurs pour le premier bit de parité(p3) »
Sinon
    P3=b4
    Si p3 = 1 alors
        Affecter à p3: 0
    Sinon
        Affecter à p3 :1
    Fin si
Fin si

Afficher «le bon message codé est : » p1p2d1p3d2d3d4
Afficher «le bon message clair est : » p1p2d1p3d2d3d4

```

Fin

3 LE SYSTÈME DE CODAGE «HAMMING(7,4)» EN JAVA

Dans cette partie de notre article nous présentons une possible implémentation de notre algorithme ci-dessus basé sur le code correcteurs d'erreur de Hamming(7,4), particulièrement ici en Java.

Code source Hamming (7,4) en Java :

```

import java.util.*;
class Code_Hamming {
    public static void main(String args[]) {
        Scanner scan = new Scanner(System.in);
        System.out.println("Nombre de bits du Message:");
        int numero1 = scan.nextInt();
        int numero2[] = new int[numero1];
        for(int i=0 ; i < numero1 ; i++) {
            System.out.println("Insérer le bit N°. " + (numero1-i) + ":");
            numero2[numero1-i-1] = scan.nextInt();
        }
        System.out.println("Vous avez inséré:");
        for(int i=0 ; i < numero1 ; i++) {
            System.out.print(numero2[numero1-i-1]);
        }
        System.out.println();

        int numero3[] = generation_code(numero2);

        System.out.println("Voici le code généré:");
        for(int i=0 ; i < numero3.length ; i++) {
            System.out.print(numero3[numero3.length-i-1]);
        }
        System.out.println();
    }
}

```

// La différence entre les tailles du tableau d'origine et du nouveau tableau nous donnera le nombre de bits de parité ajoutés.

```

        System.out.println ("Entrez la position d'un bit à modifier pour vérifier la détection d'erreur au niveau du
        destinataire (0 pour l'absence d'erreur):");
        int erreur = scan.nextInt();
        if(erreur != 0) {
            numero3[erreur-1] = (numero3[erreur-1]+1)%2;
        }
        System.out.println("Code envoyé:");
        for(int i=0 ; i < numero3.length ; i++) {
            System.out.print(numero3[numero3.length-i-1]);
        }
        System.out.println();
        reception(numero3, numero3.length - numero2.length);
    }

```

```

    static int[] generation_code(int numero2[]) {
        int numero3[];

```

// On trouve le nombre de bits de parité requis:

```

        int i=0, compte_parite=0, j=0, k=0;
        while(i < numero2.length) {

            if(Math.pow(2,compte_parite) == i+compte_parite + 1) {
                compte_parite++;
            }
            else {
                i++;
            }
        }

        numero3 = new int[numero2.length + compte_parite];

        for(i=1 ; i <= numero3.length ; i++) {
            if(Math.pow(2, j) == i) {

                numero3[i-1] = 2;
                j++;
            }
            else {
                numero3[k+j] = numero2[k++];
            }
        }
        for(i=0 ; i < compte_parite ; i++) {

            numero3[((int) Math.pow(2, i))-1] = recept_parite(numero3, i);
        }
        return numero3;
    }

    static int recept_parite(int numero3[], int puissance) {
        int parite = 0;
        for(int i=0 ; i < numero3.length ; i++) {

```

```

        if(numero3[i] != 2) {
            int k = i+1;
            String s = Integer.toBinaryString(k);

            int x = ((Integer.parseInt(s))/((int) Math.pow(10, puissance)))%10;
            if(x == 1) {
                if(numero3[i] == 1) {
                    parite = (parite+1)%2;
                }
            }
        }
    }
    return parite;
}

int puissance;

int parite[] = new int[compte_parite];

String syndrome = new String();

for(puissance=0 ; puissance < compte_parite ; puissance++) {

    for(int i=0 ; i < numero2.length ; i++) {

        int k = i+1;
        String s = Integer.toBinaryString(k);
        int bit = ((Integer.parseInt(s))/((int) Math.pow(10, puissance)))%10;
        if(bit == 1) {
            if(numero2[i] == 1) {
                parite[puissance] = (parite[puissance]+1)%2;
            }
        }
    }
    syndrome = parite[puissance] + syndrome;
}

int location_erreur = Integer.parseInt(syndrome, 2);
if(location_erreur != 0) {
    System.out.println("erreur is at location " + location_erreur + ".");
    numero2[location_erreur-1] = (numero2[location_erreur-1]+1)%2;
    System.out.println("Code corrigé:");
    for(int i=0 ; i < numero2.length ; i++) {
        System.out.print(numero2[numero2.length-i-1]);
    }
    System.out.println();
}
else {
    System.out.println("Pas d'erreur dans le message.");
}

System.out.println("Message envoyé:");
puissance = compte_parite-1;
for(int i=numero2.length ; i > 0 ; i--) {
    if(Math.pow(2, puissance) != i) {
        System.out.print(numero2[i-1]);
    }
}

```

```

        }
        else {
            puissance--;
        }
    }
    System.out.println();
}
}

```

4 CONCLUSION

Nous avons dans cet article proposé un algorithme basé sur le code linéaire, particulièrement le code de Hamming(7,4), un code très utilisé mais long et pas facile à employer à mesure que le message devient plus complexe.

Nous nous sommes limité à la proposition de cet algorithme dans l'article, ouvrant ainsi comme perspective pour les autres chercheurs de pouvoir sur base de ce même algorithme, implémenter dans un langage de programmation donné, un système de codage et décodage de message basé sur code de Hamming (7,4).

RÉFÉRENCES

- [1] Khadidja SERIR, 2011, « Application des codes correcteurs d'erreurs Reed Muller », Université Abou Bakr Belkaid–Tlemcen, Algerie.
- [2] A. Spătaru, 1987, « Fondements de la théorie de la transmission de l'information », PPUR,
- [3] B. Martin, 2004, « Codage, cryptologie et applications », PPUR,
- [4] Jessie MacWilliams et Neil Sloane, 1977, « The Theory of Error-Correcting Codes », North-Holland,
- [5] David Kahn (trad. Pierre Baud, Joseph Jedrusek), 1980, « La guerre des codes secrets », InterEditions,
- [6] Simon Singh (trad. Catherine Coqueret), 2001, « Histoire des codes secrets », Librairie Générale Française (LFG),
- [7] Jacques Stern, 1998, « La science du secret », Odile Jacob, coll.

Mise en œuvre du système d'études d'impact environnemental dans le secteur minier Congolais : *Une vision stratégique de développement durable ou une approche conceptuelle ?*

[Implementation of the environmental impact assessment system in the Congolese mining sector : *A strategic vision for sustainable development or a conceptual approach ?*]

Jérôme R. CIGOROGO, E.D. MUSIBONO, I.C. NSIMANDA, and N. IFUTA

Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2020 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: We start from the conception that the implementation of Environmental Impact Assessment (EIA) aims to promote sustainable development and that sustainable development is the response to the ecological and social crisis that is now manifest in a globalized manner. Particularly the exploitation of projects likely to generate impacts on the bio-physical and socio-economic environment.

Has DRC (Democratic Republic of Congo) known the promotion of sustainable development after having introduced the EIA from 2002 through mining code fifteen years later? Does the implementation of the EIA system in the Congolese mining sector actually constitute a strategic vision for sustainable development or a conceptual approach? Or more concretely: does the implementation of the EIA system in the industrial mining sector in DRC get along with the principles of sustainable development?

After collecting and processing data related to the implementation of EIA in the Congolese mining sector, we have reached after analyzing results the conclusion that the implementation of EIA in the Congolese mining sector does not accommodate the principles of sustainable development and has not significantly contributed to the promotion of the socio-economic development of present and future generations, and therefore does not constitute a strategic vision for sustainable development in the DRC.

KEYWORDS: environmental impact, mining sector, sustainable development, conceptual approach, Congo.

RESUME: Nous partons de la conception que la mise en œuvre des Etudes d'Impact Environnemental (EIE) a pour finalité la promotion du développement durable et que le développement durable est la réponse face à la crise écologique et sociale qui se manifeste désormais de manière mondialisée suite notamment l'exploitation des projets susceptibles de générer des impacts sur l'environnement bio-physique et socio-économique.

La RDC (République Démocratique du Congo) ayant introduit les EIE à partir de 2002 à travers le code minier a-t-elle connu quinze ans plus tard la promotion du développement durable ? La mise en application du système d'EIE dans le secteur minier congolais constitue-t-il effectivement une vision stratégique de développement durable ou alors une approche conceptuelle, ou plus concrètement : est-ce que la mise en œuvre du système d'EIE en RDC dans le secteur minier industriel s'accommode-t-elle avec les principes de développement durable ?

Après collecte et traitement des données en rapport avec la mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais, nous avons abouti, après analyse des résultats, à la conclusion selon laquelle la mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais ne s'accommode pas avec les principes de développement durable et n'a pas significativement contribué à la

promotion du développement socio-économique des générations présentes ni futures que par conséquent elle ne constitue pas une vision stratégique de développement durable en RDC.

MOTS-CLEFS: impact environnemental, secteur minier, développement durable, approche conceptuelle, Congo.

1 INTRODUCTION GENERALE

Face à la crise écologique et sociale qui se manifeste désormais de manière mondialisée par le changement climatique, la raréfaction des ressources naturelles, les pénuries d'eau douce, le rapprochement du pic pétrolier, les écarts criants entre pays développés et pays en développement, l'insécurité alimentaire, la déforestation et perte drastique de biodiversité, l'explosion démographique, les catastrophes naturelles et industrielles... tous les acteurs de développement soutiennent depuis lors que le développement durable reste la réponse appropriée pour la résolution de cette crise¹.

C'est dans ce cadre qu'en 1992 à Rio de Janeiro, la conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement a proclamé la charte de la Terre qui pose, en 27 principes, les objectifs et les grandes lignes de ce que devrait être le monde futur, autour des axes de l'élimination de la pauvreté, de la protection de l'environnement et du développement durable.

Cette Déclaration de Rio de Janeiro sur l'environnement et le développement (1992) stipule à son principe 17 que « **Une étude d'impact sur l'environnement, en tant qu'instrument national, doit être entreprise dans le cas des activités envisagées qui risquent d'avoir des effets nocifs importants sur l'environnement et qui dépendent de la décision d'une autorité nationale compétente** »². Ces études constituent un outil efficace de prise en compte des considérations environnementales aux niveaux des projets et des programmes ainsi que lors de l'élaboration des politiques en faveur du développement durable. Elles ont notamment pour but de fournir aux décideurs des informations sur les conséquences des activités des projets sur l'environnement et de **promouvoir le développement durable**³.

La mise en œuvre et l'application de principes de développement durable et notamment du principe 17 relatif aux EIE, ont été confiées au Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) avec l'aide de la Banque Mondiale et de la Banque Africaine de développement. Pour ce, ces dernières conditionnent depuis lors leur financement à l'évaluation environnementale et social préalable de tout projet qui lui est soumis.

Compte tenu de ce qui précède, plusieurs pays du monde en commençant par les Etats-Unis et les pays européens se sont accommodés à cette nouvelle exigence en élaborant des lois nationales et régionales s'y conformant de sorte qu'en 2002, l'ÉIE est appliquée par plus de 100 pays⁴.

En RDC, **le Code Minier congolais promulgué en 2002 et révisé en 2018 a offert une place de choix aux EIE⁵ et la loi portant sur le Règlement Minier de 2003 révisé en 2018 a donné les précisions utiles relatives au contenu, aux modalités d'élaboration et d'approbation ainsi que la procédure de consultation du public.**

La République Démocratique du Congo, qualifiée de scandale géologique regorge d'innombrables ressources naturelles dont celle en mines. L'exploitation des ressources minières est porteuse de grands espoirs de développement dans l'ensemble de la nation dans la perspective des efforts en vue de la réduction de la pauvreté.

Mais en dépit de toutes ses potentialités, la RDC est comptée parmi les pays pauvres de la planète, et particulièrement sa population qui réside dans les zones minières industrielles vivant à côté des ressources qui génèrent des richesses aux exploitants industriels miniers souffre de la misère autant que leurs compatriotes. Par ailleurs, elle assiste impuissamment, à la détérioration de son milieu naturel due aux impacts négatifs de l'exploitation minière. Cette situation est très préoccupante d'autant plus que le pays s'était engagé à travers le code minier du 11 juillet 2002, à susciter les investissements dans ce secteur

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable (consulté le 10 mars 2017).

² <http://www.un.org/french/> (consulté le 2 février 2017)

³ Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), (2002), Manuel de Formation Sur l'Etude d'Impact Environnemental, 2^{ème} éd., Barry Sadler et Mary McCabe, Genève p. 101.

⁴ Idem p.107.

⁵ Etude d'Impact environnemental (voir acronymes à la page)

porteur du développement économique-social ; mais **aussi à veiller efficacement à la protection de l'environnement et à une gestion rationnelle en vue de faire profiter aux générations présentes et futures, des fruits de l'exploitation de ces ressources naturelles et cela grâce notamment à la mise en pratique des EIE dans le secteur minier.**

Compte tenu de ce qui précède, *l'on peut s'interroger si la mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais constitue effectivement une vision stratégique de développement durable ou alors une approche conceptuelle, ou plus concrètement on peut se poser la question suivante : « est-ce que la mise en œuvre du système d'EIE en RDC dans le secteur minier industriel s'accommode-t-elle avec les principes de développement durable? »*

Au regard de la situation observée dans les zones minières, nous pensons que **la mise en œuvre du système des EIE dans le secteur minier industriel de la RDC ne s'accommode pas avec les principes de développement durable et par conséquent ne relève pas d'une vision stratégique de développement durable.**

L'objectif central de notre étude est d'évaluer la pratique des EIE en tant qu'instrument de promotion de développement durable en RDC telle que mise en œuvre dans le secteur minier.

Pour atteindre cet objectif central, nous nous sommes fixés un certain nombre d'objectifs spécifiques à savoir :

1. Examiner le degré d'accommodation de la mise en application du système des EIE aux principes environnementaux du développement durable ;
2. Mesurer le niveau de respect des principes économiques du développement durable observé dans la mise en œuvre des EIE par les exploitants industriels miniers de la RDC ;
3. Juger le degré de conformité de la mise en œuvre des EIE par les titulaires des projets miniers industriels aux principes sociaux de développement durable en RDC ;
4. Evaluer le degré d'adéquation de l'élaboration et l'examen des EIE du secteur minier ainsi que le niveau d'accommodation du contrôle et suivi de la mise en œuvre des EIE dans les zones minières par les services compétents par rapport aux exigences de la bonne gouvernance en tant que principe du développement durable.

A propos du contenu du présent travail, il importe noter que cette article comprend trois part hors-mise l'introduction, à savoir :

- Les considérations théoriques qui abordent les généralités sur le développement durable et le cadre théorique des EIE,
- L'approche méthodologique qui présente en détail les méthodes, techniques et démarches utilisées pour la collecte de nos données,
- La présentation et l'analyse des résultats de notre étude.

Cet article se termine par une conclusion assortie des recommandations.

2 CONSIDERATIONS THEORIQUES SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE ET LES ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

2.1 DÉFINITIONS

2.1.1 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable est « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Rapport Brundtland, 1987).

Cette définition se rapproche de celle du règlement minier (2018) qui définit **le développement durable** comme toute approche de la croissance ayant pour objectif principal de concilier le progrès économique et social avec la préservation de l'environnement en vue d'assurer le progrès actuel sans compromettre celui des générations futures⁶.

⁶ REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Décret n°18/024 du 08 juin 2018 modifiant et complétant le décret n° 038/2003 du 26 mars 2003 portant règlement minier, p.3.

2.1.2 ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (EIE)

L'EIE est un processus systématique destiné à identifier, prévoir et évaluer les effets sur l'environnement d'activités ou de projets⁷.

Selon l'article 1^{er} du code minier de 2002, l'**Etude d'Impact Environnemental, EIE, en sigle** est l'analyse scientifique préalable des impacts potentiels prévisibles d'une activité donnée sur l'environnement ainsi que l'examen de l'acceptabilité de leur niveau et des mesures d'atténuation permettant d'assurer l'intégrité de l'environnement dans les limites des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement viable⁸.

L'expression étude d'impact environnemental et social (ÉIES) remplace de plus en plus la terminologie étude d'impacts sur l'environnement ou étude d'impact environnemental. Pour ce qui nous concerne, nous utiliserons souvent le terme Etude d'Impact Environnemental (EIE) en vue de nous conformer aux termes utilisés dans le code minier de 2002 qui nous a servi de référence étant entendu que notre travail ne concerne que la période antérieure à l'avènement du code minier de 2018.

Le code minier de 2018 parle désormais d'étude d'impact environnementale et social (EIES) et le définit comme étant le processus systématique d'identification, de prévision, d'évaluation et de réduction des effets physiques, écologiques, esthétiques et sociaux préalable au projet d'aménagement, d'ouvrage, d'équipement, d'installation ou d'implantation d'une exploitation minière ou de carrière permanente, ou d'une entité de traitement, et permettant d'en apprécier les conséquences directes ou indirects sur l'environnement⁹.

2.2 BUT DES EIE

Le but immédiat de L'EIE est d'éclairer le processus de décision en identifiant les effets et risques significatifs du point de vue de l'environnement. **Le but final (à long terme) de l'EIE est de promouvoir le développement durable** en faisant en sorte que les projets de développement ne compromettent pas les ressources essentielles et l'écosystème ou le bien-être, le mode de vie et les moyens de subsistance des communautés et des personnes qui en dépendent¹⁰.

2.3 PROCESSUS DE L'EIE

Le processus d'EIE doit comprendre les éléments suivants¹¹ :

- 1) **Étude préalable** : déterminer si un projet doit être ou non soumis à un processus d'EIE et si oui avec quel niveau de détail.
- 2) **Etude de champ** : identifier les problèmes et les impacts principaux qui peuvent nécessiter d'être étudiés plus à fond et préparer les termes de référence de l'étude d'EIE.
- 3) **Examen des alternatives** : déterminer quelle est la meilleure option ou celle qui est la plus respectueuse de l'environnement.
- 4) **Analyse d'impact** : identifier et prévoir les effets probables d'un projet sur l'environnement et au plan social, et évaluer leur importance.
- 5) **Réduction et gestion des impacts** : Préparer des mesures destinées à éviter, réduire ou compenser les impacts et à réparer les dommages causés à l'environnement et à la communauté, et les inclure dans un plan ou système de gestion de l'environnement.

⁷ Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), (2002), Manuel de Formation Sur l'Etude d'Impact Environnemental, 2^{ème} éd., Barry Sadler et Mary McCabe, Genève, p. 101.

⁸ REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Décret n° 038/2003 du 26 mars 2003 portant règlement minier, Numéro Spécial du 1^{er} avril 2003, p. 32.

⁹ REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Loi n°18/001 du 09 mars 2018 modifiant et complétant la Loi n° 007/2002 du 11 juillet 2002 portant Code minier, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo n° spécial du 28 mars 2018, p. 9-10.

¹⁰ Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), (2002), Manuel de Formation Sur l'Etude d'Impact Environnemental, 2^{ème} éd., Barry Sadler et Mary McCabe, Genève, p. 101.

¹¹ Idem p. 110-113.

- 6) **Evaluation de l'incidence** : déterminer l'importance des impacts résiduels qui ne peuvent être réduits et dans quelle mesure ils sont acceptables.
- 7) **Préparation de la déclaration d'impact environnemental ou rapport d'EIE** : décrire les impacts de la proposition, l'incidence des effets, les préoccupations du public et des communautés concernés.
- 8) **Examen de l'EIE**: vérifier que l'EIE est conforme aux termes de référence et fournit une évaluation satisfaisante du projet ainsi que les informations nécessaires pour éclairer la prise de décision.
- 9) **Prise de décision** : approuver ou rejeter la proposition, et fixer les termes et conditions dans lesquels elle peut être réalisée.
- 10) **Suivi** : une surveillance continue pour assurer la conformité aux modalités et conditions de l'approbation de la proposition; contrôler les impacts du projet et l'efficacité des mesures de réduction ; prendre toutes mesures nécessaires pour résoudre les problèmes qui apparaissent et, le cas échéant, réaliser des audits et des évaluations pour renforcer l'application de l'EIE et les mesures de réduction futures, et optimiser la gestion de l'environnement.

Les différentes composantes, étapes et activités du processus d'EIE dépendent du pays et du bailleur de fonds. Cependant, la plupart des processus d'EIE ont une structure commune, et l'application des différentes étapes constitue une norme essentielle de bonne pratique.

3 APPROCHE METHODOLOGIQUE

3.1 CHAMP DE L'ÉTUDE

Notre étude concerne au premier plan les zones d'exploitation minière industrielle représentées notamment par les entreprises minières industrielles assujetties aux EIE conformément au code minier de 2002 et 2018.

Les entreprises d'exploitation industrielles en RDC en activités ont été chiffrées à 101 en 2014. Elles se répartissent à cet effet 425 permis d'exploitation octroyés par le gouvernement congolais en cette période¹².

3.2 TERRAINS D'INVESTIGATION

La Direction de la Protection de l'Environnement Minier (DPEM) du Ministère des Mines a été notre principal site de recherche. C'est à ce niveau où nous avons mené des investigations sur le suivi de la mise en œuvre de l'EIE dans le secteur minier. Pour réunir les données relatives à l'élaboration des EIE, nous avons recouru à l'interview des responsables du comité de **Comité Permanent d'Évaluation** qui siège au niveau de la DPEM. Ce site nous a fourni aussi la plupart des documents qui nous ont servi pour l'analyse documentaire.

3.3 DE LA POPULATION À L'ÉCHANTILLONNAGE

Pour notre étude, nous avons considéré **la société minière comme unité statistique de base**, tandis que **la population échantillonnée est constituée de 101 entreprises** (sociétés) minières en phase d'exploitation en RDC localisées principalement à l'Est du pays notamment dans les provinces du Katanga, Nord et Sud Kivu, Kasai Oriental et Occidental, et province Orientale, alors que notre population cible est le secteur minier industriel congolais pris sur le plan territorial et ses constituants bio-physiques et socio-économiques y compris notamment les acteurs intervenant dans ce secteur à savoir les entreprises minières, l'Etat et les populations locales.

Ainsi donc, pour mener notre étude **en rapport avec l'élaboration des EIE**, nous avons donc décidé de tirer notre échantillon en nous basant sur les différentes EIE émises par ces entreprises au cours des années 2012 à 2017.

A cet effet, nous avons choisi au hasard 15 sociétés minières sur les 101 et rechercher leurs rapports d'EIE/PGEP pour faire l'objet de notre analyse approfondie afin d'y collecter les données en rapport avec l'élaboration des EIE.

¹² PROMINES (Projet d'Appui au Secteur Minier), (2014). Rapport final sur l'Evaluation Stratégique Environnementale et Sociale Sectorielle (ESES) du secteur minier en RDC, Kinshasa, p. 59.

Quant en ce qui concerne **le suivi, contrôle et la mise en œuvre des EIE**, nous avons choisi au hasard 25 entreprises minières sur les 101 en exploitation sur le sol congolais, nous avons analysé dix rapports de mission pour 10 entreprises sur les 25 retenus dans notre échantillon, 5 rapports d'audit pour 5 sociétés sur 25 et 5 rapports annuels pour les 5 sociétés minières restantes.

3.4 SÉLECTION DES CONCEPTS OPÉRATIONNELS

Au regard de notre sujet qui tient à évaluer l'apport de la mise en œuvre des EIE par rapport à la promotion du développement durable, nous avons recouru aux principes du développement durable présentés dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement de 1992, et particulièrement à ceux repris dans *la loi sur le développement durable* adopté au Québec le 13 avril 2006.

Ainsi, nous avons recouru aux 14 principes sur les 16 principes repris dans la loi ci-dessus pour élaborer une bonne partie des critères d'analyse de nos recherches relatives à la mise en pratique des EIE dans le secteur minier congolais en corrélation avec le développement durable. Se référant ainsi à ces principes tels que repris par la *Loi sur le développement durable*¹³ qui compte 16 principes, nous avons subdivisé ces derniers en 4 groupes représentant ainsi les 3 piliers du développement durable auxquels on a adjoint le quatrième (joint récemment) relatif aux principes de bonne gouvernance :

1. Les principes environnementaux : Protection de l'environnement, Prévention, Précaution, Préservation de la biodiversité, Respect de la capacité de support des écosystèmes ;
2. Les principes sociaux : Santé et qualité de vie, Équité et solidarité sociale, Participation et engagement, Accès au savoir, Protection du patrimoine culturel ;
3. Les principes économiques : Efficacité économique, principe «Pollueur-payeur »,
4. Les principes de bonne gouvernance : Subsidiarité, Production et consommation responsable

Pour compléter cet arsenal des critères, nous avons recouru à la littérature qui nous a aussi fourni les indicateurs appropriés pour les critères retenus.

En plus, pour parachever les critères de principes de bonne gouvernance notamment en ce qui concerne **l'instruction, le suivi de la mise en œuvre** des EIE , nous nous sommes largement inspirés à partir des **critères d'appréciation des textes normatifs et de la pratique relatifs** à la réalisation et à l'approbation du rapport d'EIE ainsi qu'à **la procédure d'octroi de l'autorisation environnementale** retenus pour l'élaboration de la cartographie de l'évolution des systèmes d'étude d'impact sur l'environnement en Afrique centrale¹⁴.

3.5 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte de nos données a été principalement réalisée à partir de 3 instruments, à savoir une fiche d'interview pour le sondage des membres du comité permanent d'évaluation, une guide d'entretien pour le focus group et pour des entretiens divers, une grille d'enregistrement pour tous les cas d'analyse documentaire à savoir le cas d'analyse des rapports d'EIE, les rapports annuels environnementaux des entreprises minières, des rapports d'audits environnementaux des activités minières des sociétés industrielles et les comptes rendus des examens des EIE.

¹³ LANMAFANKPOTIN, G. Y. et al., (2013). L'évaluation environnementale entre les défis de l'intégration et de l'institutionnalisation, In *Evolution des systèmes d'étude d'impact sur l'environnement en Afrique centrale Rôle des associations nationales de professionnels : (coordonné par D. Bitondo)* , Digit Print, Yaoundé, p. 14.

¹⁴ Bitondo D., Post R. et Van Boven G. J., (2013). Cartographie de l'évolution des systèmes d'EIE des pays de l'Afrique centrale, In *Evolution des systèmes d'étude d'impact sur l'environnement en Afrique centrale : Rôle des associations nationales de professionnels : (coordonné par D. Bitondo)* pp.5-18, Digit Print, Yaoundé, pp. 24-25.

3.6 TRAITEMENT DES DONNÉES

3.6.1 DÉPOUILLEMENT DES INSTRUMENTS DE COLLECTE DES DONNÉES

- a. **Les fiches d'interview** : conçues principalement pour la collecte des données relatives à l'instruction des EIE, les données collectées sur les fiches d'interview ont été transformées en formes numériques allant de 0 à 5 suivant le degré d'influence ou de contribution pour la bonne pratique des EIE et à la promotion du développement durable.

Grâce à un traitement statistique élémentaire prenant en compte les avis émis par les participants, nous avons déterminé la note moyenne (allant de la valeur 0 à la valeur 5 incluses) attribuée **pour chaque question et cela pour les différents répondants et fiches contenant les données**

- b. **Le guide d'entretien** : aucun dépouillement spécial n'a été requis pour le guide d'entretien car les données collectées à cet effet ont été enregistrées sur un seul formulaire.
- c. **Les grilles d'enregistrement** : les données collectées sur les grilles d'enregistrement relatifs aux rapports de mission d'inspection environnementale des projets miniers ont été rassemblés après avoir été transformés en chiffres suivant leur apport pour la bonne pratique des EIE et puis une moyenne a été calculée pour chaque rubrique. Il en est de même des données recueillies à partir les audits environnementaux et les rapports annuels environnementaux.

3.6.2 COMPILATION DES DONNÉES : LA GRILLE D'ANALYSE OU TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DONNÉES COLLECTÉES

Pour mieux analyser les données collectées sur terrain, nous avons estimé nécessaire de réunir toutes les données collectées au sein d'un tableau que nous avons dénommé grille d'analyse.

La grille d'analyse est donc un tableau récapitulatif des données collectées qui est conforme tant à la forme qu'au fond au cadre conceptuel.

Toutes les données ou les moyennes issues de dépouillement de différents instruments utilisés pour la collecte des données à savoir la fiche d'interview, le guide d'entretien et la grille d'enregistrement ont été reportées sur la **grille d'analyse**.

4 PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

4.1 PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS RELATIFS AUX EIE EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPES ENVIRONNEMENTAUX DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais répond-elle de façon satisfaisante aux principes environnementaux tels qu'évoqués par la charte de la terre et édictés par la loi sur le développement durable établie au Québec ?

La pratique des EIE par les entreprises d'extraction minière en RDC ne répond pas de façon satisfaisante aux principes environnementaux du développement durable. En effet, au regard des résultats de nos recherches, nous constatons que les principes environnementaux du développement durable du secteur minier congolais ne sont respectés qu'à hauteur de 36,9 %.

Ceci s'explique conformément à nos enquêtes par ce qui suit :

1. L'état physique de ce milieu est à 29,6 % de la situation optimale et les efforts d'atténuation ne parviennent donc qu'à 29,6 % de la réhabilitation du milieu visant à enrayer les impacts physiques causés par l'exploitation industrielle des mines.
2. Le niveau de préservation de la biodiversité lors des activités minières industrielles est très bas car il se situe à 25 %.
3. Le degré du respect de la capacité de support des écosystèmes est largement en dessous du seuil désiré autant plus qu'il se situe à 25 % en moyenne dans l'ensemble des zones minières congolaises.
4. Le degré d'exécution des mesures d'atténuation arrêtées dans l'eie/pgep des industries d'exploitation minière de la RDC est en dessous du niveau acceptable car il a été évalué à 41,8 % en moyenne.
5. Le degré de précaution en faveur de la protection de l'environnement minier reste insuffisant étant donné qu'il n'est que de 34,2 % en moyenne.

En résumé, nous pouvons retenir que la pratique des EIE par les entreprises d'extraction minière en RDC ne répond pas de façon satisfaisante aux principes environnementaux du développement durable. Et par conséquent, en nous basant sur les principes environnementaux, nous pouvons dire dans ce cas que la mise en pratique des EIE dans les zones minières congolaises ne cadre pas avec une vision stratégique de développement durable

4.2 ANALYSE DES RÉSULTATS RELATIFS AUX EIE EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPES ÉCONOMIQUES DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La mise en pratique des EIE dans le secteur minier congolais satisfait-elle aux principes économiques tels qu'évoqués par la charte de la terre et édictés par la loi sur le développement durable adopté au Québec ?

Il ressort de nos enquêtes que les EIE tel qu'elles sont mises en application dans les zones minières industrielles congolaises ne satisfont pas aux principes économiques du développement durable. En effet, les EIE mises en œuvre dans le secteur minier ne se conforment aux principes économiques du développement durable qu'à la hauteur de 47 % tels que justifiés ci-dessous sur base des résultats de nos enquêtes :

1. L'efficacité économique traduit la capacité à produire un résultat rentable par rapport aux moyens mis en jeu, l'examen de ce critère en rapport avec la bonne pratique des EIE et le développement durable nous révèle que l'exploitation des zones minières est **effectivement efficace à 58,4 %** du niveau optimal.
2. En évaluant l'application le principe de responsabilité (principe pollueur-payeur) dans le secteur minier industriel congolais, nous avons constaté que cette exigence du développement durable n'était pas respectée par les industriels miniers, d'autant plus qu'il n'est appliqué qu'à 44,6 %.
3. En RDC, les opérateurs industriels miniers ne s'acquittent pas convenablement de l'obligation de promotion des activités économiques qu'ils exécutent à concurrence de 39,7 %. Ce qui est insuffisant et non conforme à la bonne pratique des EIE.

A titre de résumé, nous pouvons retenir que la mise en pratique des EIE par les sociétés d'extraction minière en RDC ne répond pas de façon satisfaisante aux principes économiques du développement durable. Et par conséquent, nous pouvons dire aussi dans ce cas que la mise en pratique des EIE dans les zones minières congolaises ne s'accommode pas avec une vision stratégique de développement durable

4.3 PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS RELATIFS AUX EIE EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPES SOCIAUX DE DÉVELOPPEMENT DURABLE.

La mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais répond-t-elle de façon satisfaisante aux principes sociaux tels que soutenus par la charte de la terre et ordonnés par la loi sur le développement durable établie au Québec ?

En nous référant aux résultats de nos recherches, nous constatons que la pratique des EIE dans le secteur minier industriel de la RDC **ne s'accommode pas de façon satisfaisante aux principes sociaux du développement durable**. En effet, au regard de résultats de nos recherches, nous constatons que les principes sociaux du développement durable du secteur minier congolais ne sont respectés qu'à hauteur de **35 %** tels que ventilés comme suit :

1. Les entreprises d'industries minières exploitant certaines zones de la RDC devraient respecter le principe d'équité et solidarité sociales, cependant il n'en est pas le cas car cette exigence n'est observée qu'à 37,6%. Ainsi donc , **aucune (0%) prévision budgétaire ou contribution spécifique n'est destinée aux générations futures car cette rubrique n'est observée ou prévue nulle part dans le code minier de 2002**. Cependant, il importe de noter que l'article 242 du code minier 2018 vient de corriger cette aberration en instituant le **fond minier pour les générations futures** qui sera alimenté par la redevance minière payée par les entrepreneurs miniers à concurrence de 10 % de cette contribution. Le règlement minier révisé de 2018 précise en outre que les statuts, l'organisation et le fonctionnement du Fonds Minier « FOMIN » en sigle, seront fixés par Décret du Premier Ministre, délibéré en Conseil des Ministres.
2. Les exigences relatives à la Santé et qualité de la vie des populations impactées ne sont pas correctement mises en pratique, car l'exécution de ces dernières est en moyenne de 31,5 %.
3. L'observation sur terrain montre que l'exécution des mesures de sécurité, hygiène en faveur les travailleurs et la communauté n'est pas effective d'autant plus que la réalisation de ces dernières ne se fait qu'en moyenne à 47,8 %.
4. La demande de favoriser une forte participation de la population affectée à l'élaboration des EIE et à la mise en œuvre des plans de gestion environnementale ne trouve pas une considération adéquate dans le chef des entrepreneurs miniers autant plus qu'ils ne respectent cette exigence qu'à la hauteur de 26,5 %.

5. Les recherches sur terrain indiquent que l'accès à l'éducation et à l'information relative aux impacts générés par les industries minières n'est pas assuré aux communautés vivant dans les zones minières. Cet accès n'est en réalité garanti qu'à 30% d'autant plus que **l'accès à l'information** relative aux impacts des activités minières des industriels n'est effectif qu'à 6% tandis que la **promotion de l'éducation et la formation** n'est réalisée qu'à 35%.
6. Les exploitants miniers industriels sont appelés à préserver les zones contenant des sources archéologique ou constituant des cadres identitaires de la population locale lors de l'exploitation. En RDC, il n'en est pas le cas ; les entrepreneurs miniers ne respectent cette recommandation qu'à 33,1% de cas.

Résumé : Nous pouvons retenir donc que la mise en œuvre des EIE dans les zones d'extraction minière ne correspond pas de façon satisfaisante aux principes sociaux du développement durable. En conséquence, en nous reposant sur les principes sociaux édictés par la loi du développement durable, nous pouvons soutenir que la mise en pratique des EIE dans les zones minières congolaises ne cadre pas avec une vision stratégique de développement durable.

4.4 PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS RELATIFS AUX EIE EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPES DE BONNE GOUVERNANCE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La mise en application du système des EIE dans le secteur minier congolais répond-t-il de façon satisfaisante aux principes de bonne gouvernance tels qu'évoqués par la charte de la terre et édictés par la loi sur le développement durable établie au Québec ?

La pratique des EIE en zones minières congolaises ne répond pas de façon satisfaisante aux principes de bonne gouvernance du développement durable. Car, au regard de résultats de nos recherches, nous constatons que les principes de bonne gouvernance du développement durable du secteur minier congolais ne sont respecté qu'à 42 % en moyenne lorsqu'on s'en tient aux observations issues de nos enquêtes telles que présentées ci-dessous :

1. L'élaboration, l'examen et l'approbation des EIE doit répondre à certains critères avant de prétendre contribuer au développement durable. Pour ce qui est de l'instruction (élaboration, examen et approbation) des EIE, nous avons constaté qu'il n'est pas de nature à favoriser la promotion des EIE étant donné qu'elle ne répond favorablement aux critères retenus qu'à 45,3 %.
2. L'évaluation du suivi et contrôle de la mise en œuvre des EIE par les instances étatiques dans les zones minières congolaises indiquent que ces services ne s'acquittent pas correctement de leurs tâches conformément aux critères de bonne gouvernance relatifs à la promotion du développement durable. Ceci se vérifie au regard de résultats de notre évaluation qui nous montre que les activités de suivi et de contrôle de la mise en œuvre ont une cote équivalente à 35,5 %.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Nous partons de la conception que la mise en œuvre des EIE a pour finalité la promotion du développement durable et que le développement durable est la réponse face à la crise écologique et sociale qui se manifeste désormais de manière mondialisée suite notamment l'exploitation des projets susceptibles de générer des impacts sur l'environnement bio-physique et socio-économique.

La RDC ayant introduit les EIE à partir de 2002 à travers le code minier en vue veiller efficacement à la protection de l'environnement et à une gestion rationnelle dans l'optique de **faire profiter aux générations présentes et futures**, les fruits de l'exploitation de ses ressources naturelles, il est normal que le degré très élevé de pauvreté et de dégradation de l'environnement physique constaté dans les zones minières d'exploitation industrielle plus de quinze ans plus tard puisse interpeller plus d'un, de telle sorte que l'on puisse s'interroger *si la mise en œuvre des EIE dans le secteur minier congolais constitue effectivement une vision stratégique de développement durable ou alors une approche conceptuelle*, ou plus concrètement on peut se poser la question suivante : *« est-ce que la mise en œuvre du système d'EIE en RDC dans le secteur minier industriel s'accommode-t-elle avec les principes de développement durable ? »*

Pour répondre à cette question, nous sommes partis de l'hypothèse selon laquelle **la mise en œuvre du système des EIE dans le secteur minier industriel de la RDC ne s'accommode pas avec les principes de développement durable et par conséquent ne relève pas d'une vision stratégique de développement durable.**

Voulant vérifier cette hypothèse, nous nous sommes fixés comme objectif central d'évaluer la pratique des EIE en tant qu'instrument de promotion de développement durable en RDC telle que mise en œuvre dans le secteur minier.

Après traitement des données collectées conformément à une méthodologie appropriée telle que décrite ci-dessus, nous sommes arrivés aux résultats ci-après :

1. La mise en œuvre du système des EIE par les entreprises d'extraction minière en RDC ne se conforment pas de façon satisfaisante aux principes environnementaux du développement durable (36,9%) ;
2. Les EIE telles qu'elles sont mises en application dans le domaine minier industriel congolais ne satisfont pas aux exigences de principes économiques du développement durable (47%) ;
3. La pratique des EIE dans le secteur minier industriel de la RDC ne s'accommode pas de façon satisfaisante aux principes sociaux du développement durable (35%) ;
4. La mise en pratique du système des EIE dans le secteur industriel minier congolais ne s'agence pas de façon satisfaisante avec les principes de bonne gouvernance liés au développement durable (42%).

Au regard de ces résultats, on peut dire que *la mise en œuvre du système d'EIE en RDC dans le secteur minier industriel ne s'accommode pas avec les principes de développement durable.*

Compte tenu de qui précède, nous ne pouvons que constater que *la mise en œuvre du système d'EIE dans le secteur minier industriel congolais ne relève pas d'une stratégie de développement durable. Ce qui nous emmène à confirmer notre hypothèse.*

On comprend donc que la RDC n'a pas respecté comme il se doit les engagements pris à travers le code minier du 11 juillet 2002 consistant notamment à veiller efficacement à la protection de l'environnement et à une gestion rationnelle en vue de faire profiter aux générations présentes et futures, les fruits de l'exploitation de ses ressources naturelles notamment par la mise en œuvre des EIE dans le secteur minier industriel.

Au terme de cette étude, les résultats obtenus auront permis de caractériser la problématique que pose la pratique des EIE dans le secteur industriel minier congolais. Cette problématique est liée entre autres à l'intégration des principes de développement durable en tenant compte simultanément de ses trois piliers à savoir la protection de l'environnement, l'efficacité économique et l'équité sociale.

En fin, partant de ce travail, les recommandations ci-dessous peuvent être formulées afin d'améliorer la prise en compte des principes de développement durable dans la mise en pratique des EIE en RDC:

1. Promulguer une directive sur les EIE incluant des objectifs clairs du développement durable dans le sens de la sauvegarde des intérêts des générations présentes et futures, de la protection de l'environnement, de l'efficacité économique et de l'équité sociale.
2. Faire en sorte que tous les documents produits par l'entrepreneur minier (rapport d'EIE, audit et rapport environnemental) et les documents produits par l'administration minière puissent faire mention du développement durable dans le sens de la définition de Brundtland tout en faisant référence aux principes du développement durable.
3. Rendre opérationnel le plus rapidement possible le service technique ou organisme spécialisé dénommé Fonds Minier pour les générations futures « FOMIN » institué par le Règlement Minier de 2018.
4. Elaborer une plateforme de collaboration adaptée, consensuelle et durable entre les sociétés minières et les communautés concernées sous la supervision des structures étatiques.
5. Renforcer les capacités techniques et scientifiques en matière de protection de l'environnement minier et du développement durable en faveur des structures étatiques chargés de l'instruction et contrôle des EIE
6. Renforcer les contrôles de l'industrie minière et réviser l'ensemble de mesures coercitives et punitives relatives à la violation des obligations environnementales et sociales afin de les rendre plus efficaces particulièrement dans le cadre du principe du pollueur-payeur.
7. Etablir des dispositions légales claires de consultation publique durant l'EIE des projets miniers et en assurer correctement le contrôle.
8. Mettre en exécution le cadre légal de délocalisation-relocalisation involontaire des communautés affectées par les projets miniers institué par le règlement minier de 2018 de sorte à identifier et à répondre aux préoccupations de la communauté impactée de manière juste et appropriée.
9. Subventionner ou promouvoir des études de portée générale à l'ensemble des zones minières de la RDC consistant à examiner comment les EIE peuvent être améliorées avec la prise en compte effective des principes du développement durable mais aussi à évaluer l'application et l'apport du nouveau cadre légal constitué du code minier et du règlement minier révisé en 2018 en rapport avec les EIES et le développement durable.

ABREVIATIONS

DPEM :	Direction de la Protection de l'Environnement Minier
EIE :	Etude d'Impact Environnemental
EIES :	Etude d'impact environnemental et social
FOMIN :	Fonds Minier pour les générations futures « FOMIN »
PGEP :	Plan de gestion environnemental de projet
PNUE :	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RDC :	République Démocratique du Congo

REFERENCES

- [1] HALLEY P., (2005). L'Avant-projet de loi sur le développement durable du Québec, Spring.
- [2] OCDE (1992), Directives sur l'environnement et aide n° 2, Good Practices for Country Environmental Surveys and Strategies, Comité d'aide au développement, Paris.
- [3] Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), (2002), Manuel de Formation Sur l'Etude d'Impact Environnemental, 2^{ème} éd., Barry Sadler et Mary McCabe, Genève.
- [4] POCHET. F. et WAAUBE J. P., (SA). La prise en compte du développement durable dans les études d'impact de projets routiers au Québec, Université du Québec à Montréal, Canada.
- [5] PROMINES (Projet d'Appui au Secteur Minier), (2014). Rapport final sur l'Evaluation Stratégique Environnementale et Sociale Sectorielle (ESESS) du secteur minier en RDC, Kinshasa.
- [6] BITONDO D., POST R. et VAN BOVEN G. J., (2013). Cartographie de l'évolution des systèmes d'EIE des pays de l'Afrique centrale, In Evolution des systèmes d'étude d'impact sur l'environnement en Afrique centrale : Rôle des associations nationales de professionnels : (coordonné par D. Bitondo) pp.5-18, Digit Print, Yaoundé.
- [7] LANMAFANKPOTIN, G. Y., ANDRE, P. ET BITONDO, D. (2013). L'évaluation environnementale entre les défis de l'intégration et de l'institutionnalisation, In Evolution des systèmes d'étude d'impact sur l'environnement en Afrique centrale Rôle des associations nationales de professionnels : (coordonné par D. Bitondo) pp.5-18, Digit Print, Yaoundé.
- [8] REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Décret n° 038/2003 du 26 mars 2003 portant règlement minier, Numéro Spécial du 1er avril 2003
- [9] REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Décret n°18/024 du 08 juin 2018 modifiant et complétant le décret n° 038/2003 du 26 mars 2003 portant règlement minier
- [10] REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Loi n° 007/2002 du 11 juillet 2002 portant Code Minier, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo n° spécial du 15 juillet 2002
- [11] REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (RDC), Loi n°18/001 du 09 mars 2018 modifiant et complétant la Loi n° 007/2002 du 11 juillet 2002 portant Code minier, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo n° spécial du 28 mars 2018.
- [12] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable (consulté le 10 mars 2017)
- [13] <http://www.un.org/french/> (consulté le 2 février 2017)

Communication stratégique sur la problématique agricole au Lualaba : Un défi à relever

[Strategic communication on agricultural issues in Lualaba: A challenge to be met]

John MUZEMBE KANDAL

Faculté des Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Kolwezi, Province du Lualaba, RD Congo

Copyright © 2020 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 Democratic Republic of Congo is among the last ten countries with regard to malnutrition. This situation concerns also Lualaba Province. This plague calls the attention of many since the potentiality of this country in terms of arable lands, agricultural programmes as well as texts already produced in the agricultural sector. Public power, agronomists, agriculturalists, NOGS, researchers, companies of transformation, communicators, etc should all them have a particular look on this matter.

It is from the communication point of view given the crisis that this research work intervenes in the agricultural domaine. Trying to suggest a communication strategy would allow all participants to know what to do in order to boost provincial agriculture, more particularly that of Kolwezi and its neighbourhood. Here with Thierry Libaert and his peers, the following steps are to be followed: a) identify the target of communication, b) formulate objectives of communication in the agricultural sector, c) construct the message, d) establish the budget of communication, e) choose the canals of communication, f) evaluate actions of communication.

KEYWORDS: malnutrition, agricultural sector, agronomists, farmers, communication.

RESUME: La République Démocratique du Congo est classée parmi les dix derniers pays quant à la malnutrition. Et la province du Lualaba n'en est pas épargnée. Cette situation doit interpeler plus d'un, au regard de la potentialité de ce pays en matière des terres arables et des programmes, ainsi que des textes déjà produits dans le secteur agricole. Pouvoir public, agronomes, agriculteurs, ONG, chercheurs, entreprises de transformation, communicologues, etc. devraient tous se pencher sur le dossier. C'est du point de vue communicationnel, vu la crise, que cet article intervient dans le domaine agricole. Essayer de proposer une stratégie de communication qui permettrait à tous les intervenants de savoir comment s'y prendre pour booster l'agriculture provinciale, plus particulièrement celle de Kolwezi et ses alentours. Il s'agit, avec Thierry Libaert et ses paires, de passer par les étapes suivantes : a) identifier la cible de communication ; b) fixer les objectifs de la communication dans le secteur agricole ; c) construire le message ; d) établir le budget de communication ; e) choisir les canaux de communication. f) évaluer les actions de communication.

MOTS-CLEFS: malnutrition, secteur agricole, agronomes, agriculteurs, communication.

1 INTRODUCTION

Le secteur agricole, en R.D Congo, en général et dans le Lualaba, en particulier, se révèle être un secteur de parents pauvres. Ainsi nécessite-t-il une attention particulière de la part des décideurs, des chercheurs, des agriculteurs et des consommateurs. Bref, de tous les partenaires dudit secteur. Pourtant, « le potentiel agricole de la R.D.C est unanimement reconnu comme étant considérable : le pays disposerait d'une superficie cultivable estimée à quelque 75 millions d'hectares dont moins de 10 millions seraient exploités ». (TECSULT, 2009).

Les crises agricoles et alimentaires étant continuellement aiguës, et des solutions durables non encore trouvées, le présent article se fixe alors comme objectifs de mener un diagnostic et de proposer, du point de vue communicationnel, une stratégie à mettre en place afin d'aider les uns et les autres à savoir à quoi s'en tenir pour essayer de booster l'agriculture de cette province, et pourquoi pas du pays tout entier.

Nous ne voudrions toutefois pas nous étendre sur toute la province du Lualaba. Notre souci, dans un premier temps, est de quadriller les alentours de la ville de Kolwezi qui pourrait bel et bien nourrir le centre ville et se suffire sans que les pays de l'Afrique Australe ne donnent l'impression d'être nos greniers.

2 LE CONTEXTE DU SECTEUR AGRICOLE AU LUALABA

2.1 ETAT DES LIEUX DE L'AGRICULTURE AU LUALABA

Les problèmes agricoles du Lualaba sont ceux du pays tout entier. C'est pourquoi, parler du secteur agricole dans cette province revient à parler de ce secteur sur le plan national. Etant donné qu'il revient au Ministère national de mener la politique générale, nous parlerons donc, à ce niveau, de l'agriculture d'une manière générale.

Le potentiel agricole de la R.D.C lui confèrent des opportunités pour une croissance importante de la production agricole dans la mesure où des politiques et actions de développement pourront lui ouvrir la voie à une meilleure exploitation.

Plusieurs recherches attestent que la production alimentaire n'a jamais atteint 20 millions de tonnes. Le manque est comblé par des importations, estimées par la Banque Centrale du Congo, à « une valeur annuelle de plus d'un milliard de dollars, soit 15% de la valeur des importations totales du pays ». (Importations faites dans les pays de l'Afrique australe : Zambie, Zimbabwe, Namibie, Afrique du Sud). (Philippe Lebailly, et alii, 2014). Globalement, « le taux annuel de croissance moyenne de la production vivrière de 2% demeure inférieur à celui de la croissance démographique (3,3%) (MAPE, 2009).

Bien que l'agriculture occupe plus de 70% de la population, elle ne contribue qu'avec plus ou moins 35% au PIB. Cela dénote une production inférieure à celle d'autres secteurs de l'économie. Il est clair que la régression de ce secteur prive au pays d'importantes recettes d'exportations et de matières premières pour les entreprises locales. Ces recettes seraient passées de 334 millions de dollars en 1995 à 4,3 millions en 2003. Cela, faut-il le souligner, est dû aux troubles connus par le pays depuis les années 1990. Cette situation générale du pays affecte ipso facto la province du Lualaba.

Cette agriculture, pratiquée sur des étendues familiales de moins de deux (2) hectares, demeure moins que l'agriculture de subsistance, et sans équipements ni matériels, moins encore des intrants agricoles modernes (semences améliorées, engrais et pesticides).

Le Ministère national de l'agriculture (2010) souligne, pour sa part, des failles dans l'encadrement agricole, la recherche agricole, les services paraétatiques, les questions foncières ainsi que la production agricole.

Les défis de ce secteur sont donc majeurs. A la date d'aujourd'hui, il faut noter qu'il a été recensé plus ou moins vingt-deux plans agricoles (Philippe Lebailly et alii, 2014) dont les effets escomptés n'ont jamais été perceptibles, à savoir :

- Plan intermédiaire de relance agricole. 1966-1972.
- Retroussons les manches (salongo) 1966-1977.
- Fonds de relance économique (plan Mobutu) 1978-1981.
- Programme agricole minimum (PAM) 1980-1981.
- Plan intermédiaire de réhabilitation. 1983-1985.
- Conjoncture économique (plan de relance agricole) 1982-1984.
- Programme d'autosuffisance alimentaire (PRAAL) 1987-1990 ;
- Programme intermédiaire de réhabilitation économique ;
- Plan quinquennal de développement économique et social 1985-1990 ;
- Programme d'autosuffisance alimentaire (PRAAL) 1990 ;
- Plan directeur du développement agricole et rural 1991-2000 ;
- Programme national de relance du secteur agricole et rural (PNSAR) 1997-2001
- Programme d'urgence d'autosuffisance alimentaire (PUAA) 2000-2003 ;
- Programme triennal d'appui aux producteurs du secteur agricole 2000-2003 ;
- Actions prioritaires d'urgence (APU) 2002-2003 ;
- Document intermédiaire de stratégie de réduction de pauvreté (DSRP) 2003 ;
- Programme multisectoriel d'urgence de reconstruction et de réhabilitation (PMURR) 2000-2006 ;

- Programme national d'urgence de renforcement des capacités (PNURC)
- Programme indicatif national (PIN) : pour la province du Kivu ;
- Programme d'appui à la réhabilitation du secteur agricole et rural (PARSAR) ;
- Projet de réhabilitation du secteur agricole dans les provinces du Kasai-oriental ; Kasai-occidental et Katanga (PRESAR) ;
- Tables rondes, dont une en agriculture et sécurité alimentaire mars 2004.
- Note de politique agricole et de développement rural (NPADR).

Il convient de signaler que chacun de ces plans qualifiait l'agriculture de « priorité des priorités » lors de leur mise en place. Force est de constater que ce slogan est demeuré creux et sans contenu pratique quant à sa matérialisation et aux allocations budgétaires non suffisantes et conséquentes.

2.2 LES FREINS AU SECTEUR AGRICOLE

Aucun progrès n'a été enregistré jusqu'à ce jour. On notera parmi les grandes difficultés, freins au secteur (BIT, sd, p.16) :

- L'insuffisance qualitative et quantitative du personnel technique d'encadrement ;
- La prédominance du secteur minier dans le développement socio-économique de la province ayant relégué au second plan les autres secteurs ;
- La moyenne annuelle des pluies qui a baissé de 100 mm avec comme conséquence d'une part, une diminution du niveau piézométrique d'une dizaine de mètres et d'autre part, la progression de la sécheresse à partir de l'Afrique Australe ;
- L'importante pollution de l'air, des sols et des cours d'eau suite à l'activité minière et la dégradation des écosystèmes ;
- La faible productivité des exploitants ;
- Le mauvais état des routes et en particulier les routes de desserte agricole ;
- Le régime fiscal commun à l'agriculture et aux autres secteurs industriels défavorables à l'agriculture ;
- Une multiplicité des taxes et tracasseries administratives et policières ;
- Les conflits des terres entre les chefs coutumiers et les comités villageois de développement ;
- Le manque d'encadrement des producteurs ;
- L'insuffisance d'approvisionnement en intrants (semences, engrais, pesticides et équipements, ...) ;
- L'absence des mécanismes de financement adéquats, d'infrastructures de stockage, de commercialisation et de recherche agronomique et de vulgarisation efficiente.

La conséquence en est qu'à l'exception du maïs, les importations alimentaires ont évolué de manière croissante entre 1970 et 2007. Les importations de maïs ont décliné de 17%, 70% et 55% respectivement entre les décennies 1970, 1980 et 1990. Cette décroissance des valeurs nominales des importations est aussi perceptible au niveau de la valeur moyenne des importations par tête d'habitant. Cela a comme effets directs, cette information transmise par RFI (Radio France Internationale) selon laquelle 42% des enfants en R.D. Congo souffrent de la malnutrition. Ce qui donne à ce pays la première si pas la deuxième place dans cette souffrance. Les populations du Lualaba subissent les mêmes effets quant à la faim et à la malnutrition.

Tableau 1. *Evolution des importations, et moyenne par habitant, de blé et farine, riz, maïs, haricot sec, sucre et huile par période de 1970-2010*

Produit	Indicateur	1970-1979	1980-1989	1990-2000	2000-2007	2007-2010
Blé et farine (Équivalent blé)	Importation moyenne (tonnes)	121350	206621	274020	403125	178623
	Moyenne (kg/hab)	5,18	6,46	6,27	7,13	2,5
Riz	Importation moyenne (tonnes)	31805	50959	69310	151375	130998
	Moyenne (kg/hab)	1,35	1,56	1,62	2,68	1,9
Maïs	Importation moyenne (tonnes)	144950	120273	35700	74500	36962
	Moyenne (kg/hab)	6,06	3,94	0,86	1,32	0,5
Haricot sec	Importation moyenne (tonnes)	0	0	271,2	6750	10599
	Moyenne (kg/hab)	0	0	0,01	0,12	0,2
Viande	Importation moyenne (tonnes)	15013	28117	31954	44125	53856
	Moyenne (tonnes)	0,65	0,86	0,75	0,78	0,8
Sucre	Importation moyenne (kg/hab)	18532	23120	25439	94125	100862
	Moyenne (kg/hab)	0,80	0,72	0,57	1,66	1,4
Huiles (végétales + animales)	Importation moyenne (tonnes)	973	172	13304	43750	39352
	Moyenne (kg/hab)	0,04	0,01	0,30	0,77	0,6

Source : pour les données jusqu'en 2007, FAOSTAT ; ensuite, SNSA (2012).

2.3 DE LA STRATEGIE AGRICOLE

Le secteur agricole étant du ressort du gouvernement national d'abord, celui-ci s'engage :

- A allouer, 10% de son budget à l'agriculture ;
- A réactualiser le plan directeur du secteur agricole et rural ;
- A restructurer les services du Ministère de l'agriculture en tenant compte des rôles et responsabilités des différents acteurs du secteur et de la décentralisation ;
- A créer un contexte sécuritaire, légal et fiscal incitatif pour le développement d'une agriculture commerciale forte et compétitive.

Il convient de noter, pour ce faire, les priorités suivantes :

- Relance des services d'appui en s'appuyant sur les structures communautaires ;
- Mise en place et gestion d'infrastructures de stockage et de commercialisation ;
- Création d'un fonds de développement agricole pour améliorer l'accès au financement ;
- Renforcement de la sécurité foncière, entre autres pour permettre les exploitations extensives ;
- Appui à la structure du monde rural ;
- Renforcement des capacités institutionnelles aux niveaux central et provincial ;
- Prise en compte de la dimension environnementale ;
- Reconstitution du cheptel, amélioration génétique, protection sanitaire et encadrement des éleveurs et pêcheurs.

Reste à savoir si la beauté de tous les discours se prête à la réalité. Une chose est de dire et une autre est de faire.

Dans la province du Lualaba, le Gouverneur de province retrace un programme provincial ambitieux : « créer des parcs agricoles dans chaque territoire de la province et privilégier la culture mécanisée et diversifiée. Il affirme dans l'un de ses exposés sur l'agriculture d'avoir financé les projets suivants :

- Création d'un champ des semences de maïs composite à Lubudi ;
- Constitution des parcs à bois pour la production des boutures de manioc sur 50 ha à travers les sites de Lubudi, Mutshatsha et Kasaji ;
- Distribution d'intrants agricoles (semences améliorées et engrais chimiques) chaque année aux agriculteurs et coopératives agricoles ;
- Appui en matériels roulant du personnel de l'inspection provincial de l'AGRIPEL (Agriculture, pêche et élevage) ;
- Constitution d'une garantie bancaire dans un partenariat avec Afriland First Bank pour faciliter l'octroi des crédits agricoles par le système de microfinance aux associations et coopératives agricoles de la province.

(Cabinet du Gouverneur, 2018, p10)

3 COMMUNICATION STRATEGIQUE SUR L'AGRICULTURE AU LUALABA

Le monde vit les temps où chaque individu peut faire entendre sa voix, son opinion, son approbation, bref communiquer. Il n'est donc pas possible d'exister sans communiquer. Et la communication ne s'improvise pas. C'est pourquoi toute communication doit être consistante (appropriée à une problématique et un champ d'intérêt donné), cohérente (inscrite dans un cadre, une logique selon la durée, le temps) et systématique (vit en continu). De ce fait, elle nécessite une certaine stratégie individuelle ou corporative. Le monde agricole n'en reste pas moins intéressé. Il marcherait mieux lorsqu'une stratégie appropriée était mise en place. Voilà pourquoi, en ce qui concerne le secteur agricole de la province du Lualaba, en général, le District de Kolwezi, en particulier, incapable de décoller, nous avons choisi de lui en proposer une. Et pour y parvenir, nous disons qu'être stratégique c'est bien se connaître pour mieux progresser. En d'autres termes, c'est reconnaître ses forces à mettre en exergue et ses faiblesses à compenser. La stratégie à élaborer dans le cadre du présent article tiendra du plan de Kotler et ses pairs (2017). Elle marche bien, pensons-nous, avec celle élaborée par les experts de FAO en communication, dans leur livre « Manuel de communication pour la sécurité alimentaire » et même avec la stratégie de communication telle qu'élaborée par Thierry Libaert. Ainsi allons-nous adopter les points ci-après :

3.1 IDENTIFIER LA CIBLE DE COMMUNICATION

L'action à mener concerne les groupes cibles. Voilà pourquoi, avant toute chose, il faut penser à l'identification méthodique de la cible. Celle-ci est de trois sortes (Agire, 2013) :

1. Les cibles primaires : l'action leur est destinée. Sans leur acceptation et leur soutien l'action ne réussira pas ou connaîtra de grandes difficultés. Exemple les agriculteurs, les fermiers, etc.
2. Les cibles secondaires : l'action leur est aussi destinée, mais pas avec la même priorité que les cibles primaires. Exemple les ouvriers chargés de sarcler dans un champ d'arachides.
3. Les cibles-relais : leur soutien est important. Elles disposent souvent des expériences ou contacts pouvant aider à atteindre et convaincre les cibles primaires et/ou secondaires. Exemple les membres de certaines ONG.

L'on devrait se poser certaines questions pour identifier la cible, notamment : « Qui dispose de droits d'utilisation ou de propriété de terre dont il faut tenir compte ? », « Qui doit nous soutenir afin de mettre en œuvre les mesures avec succès ? », « Qui peut aider à atteindre les cibles ? », etc.

Voici les cibles, en ce qui concerne le Lualaba, surtout les environs de Kolwezi :

- Les populations rurales (agriculteurs et éleveurs) : dans les alentours de Kolwezi, elles sont désintéressées à l'agriculture. Elles auraient pu ravitailler le centre ville en produits agricoles, c'est au contraire ce dernier qui doit tout leur fournir : de l'huile végétale à la farine de maïs et de manioc en passant par l'arachide et la tomate. Il s'agit d'un public que l'on doit aider à changer, à adopter une nouvelle attitude vis-à-vis de l'agriculture.
- Les grands fermiers (qui ne sont pas nombreux bien sûr) : ils ont envie de progresser, d'aider le secteur à se développer. Malheureusement, ils rencontrent d'énormes difficultés face au financement, aux autochtones, à l'Etat, aux différentes taxes (l'exonération n'ayant jamais existé dans le dictionnaire des autorités congolaises,), etc.
- Les membres des Associations/coopératives agricoles : ceux-ci se trouvent buttés aux mêmes difficultés que les grands fermiers.
- Les personnels enseignants d'écoles, d'Instituts et facultés d'agronomie : leur rôle est de former les encadreurs et les chercheurs. Mais faute de salaires décent, ils tentent de produire ces « techniciens » aujourd'hui convertis en percepteurs à des endroits comme le péage, les entrepôts des produits agricoles où ils ne cessent de tracasser les vendeurs des dits produits.
- Les chercheurs d'INRA et autres établissements de recherches : Il est difficile de décrire leur métier, étant donné que les semences, les engrais, et autres doivent nous venir des pays de l'Afrique australe.
- Les ONG travaillant dans le domaine agricole : Ces organismes ne sont pratiquement pas aidés par l'Etat congolais, d'où leur difficultés sur terrain ;
- Les membres des bureaux du Ministère de l'agriculture : Ils pratiquent leur agriculture sur papier. Ce qui ne donne rien sur terrain. Ils se sont occupés, par exemple de la distribution des engrais offerts par le Gouverneur provincial de sorte que les concernés n'en ont vu en grande partie que de la fumée. C'était plutôt leur marchandise, si pas leur produit de la campagne électorale dont même leurs proches qui n'ont même pas un mètre carré de terre arable ont bénéficié comme marchandise ayant permis de satisfaire d'autres besoins.
- Les décideurs politiques : Ils ont le pouvoir et donc se trouvent dans l'obligation d'encadrer les petits et les grands planteurs afin de les aider à gagner dans le secteur qu'ils chérissent. Ils représentent les forces économiques et

sociales vives du pays, mais les réalisations en matière d'agriculture sont presque ou pas coordonnées. D'où les échecs constatés après chaque slogan. Seuls les discours ambitieux ne suffisent pas, il faut, au contraire, les matérialiser selon les normes et non selon les coups de têtes.

Notre cible est ainsi bien connue. Ce tableau sombre sur elle nous aurait obligé de travailler avec Thierry Libaert sur le plan de communication de crise. La R.D. Congo est aujourd'hui classée première si pas deuxième sur le plan mondial en matière de malnutrition, 42% des enfants sous-alimentés, à en croire l'information livrée par RFI (Radio France Internationale) en date du 09/06/2019 sur ses ondes. C'est donc dire qu'il y a réellement crise dans le domaine agricole. Et pour le dire avec l'auteur précité : « Dès lors qu'une situation est critique ou est perçue comme telle par une entreprise (ou une organisation), on en vient souvent à la qualifier de crise. » (Thierry Libaert, 2008, p.241). Voilà qui exige la mise en place de la gestion de crise qui, fréquemment, se confond à la communication de crise. C'est pourquoi, bien gérer la cible dans une crise peut bien signifier bien communiquer avec elle. Ainsi, ce qui se dira d'une crise devient plus important que la crise elle-même. Et la communication devient ipso facto une arme ou une parade incontournable de la gestion de ladite crise.

3.2 OBJECTIFS DE LA COMMUNICATION DANS LE SECTEUR AGRICOLE

Les objectifs consistent à définir la réponse que l'on attend de la cible : une réaction cognitive, affective ou comportementale. Lesdits objectifs devront être déclinés à partir de la stratégie sectorielle (agricole dans le cas d'espèce). Ils pourraient être :

- La sensibilisation : pour augmenter la prise de conscience ;
- L'information : sur ce que l'on doit faire ou ne pas faire ;
- La participation : lors de la mise en œuvre d'un plan.

Au regard de la crise agricole qui secoue la province du Lualaba en général, et Kolwezi et ses alentours en particulier, tous les trois éléments sont importants et permettraient aux uns et aux autres de savoir à quoi s'en tenir pour développer ce secteur, car « déterminer avec précision ce que l'on recherche est un exercice souvent délicat en communication... Souhaite-t-on être connu, avoir une bonne image, susciter de nouvelles attitudes ? » (Thierry Libaert, 2008. P. 108).

L'objectif est de changer les attitudes de la population environnant la ville, afin qu'elle s'intéresse à l'agriculture. Il faut reconnaître que ce changement a pour socle l'image et la notoriété. Sinon, comment les publics peuvent-ils faire confiance, par exemple, en un inspecteur de l'agripel (Ministère de l'agriculture, pêche et élevage), chargé de la vulgarisation, qui les a toujours tracassés ? Son image ne serait-elle pas à refaire ? Il faudra donc soigner l'image et assurer sa notoriété d'abord. Ainsi les objectifs devront-ils marcher avec les messages clés afin d'aboutir. Nous retiendrons alors principalement :

- Objectif général : promouvoir la récolte agricole afin que les producteurs s'y trouvent intéressés.
- Objectif de communication : montrer aux publics comment travailler la terre afin que la récolte soit consistante et que la vente puisse leur rapporter de l'argent nécessaire pour d'autres besoins, sans compter les réserves qu'ils se feront afin de garantir leur nourriture.

Pour atteindre ces objectifs, il est judicieux de baser sa démarche sur le modèle théorique **AIDA**, inventé par Elmo Lewis en 1898 :

Attention : attirer l'attention (Aware) sur l'agriculture et ses bienfaits.

Intérêt : susciter l'intérêt (Interest) dudit public pour l'agriculture.

Désir : provoquer le désir (desire) de pratiquer le métier agricole comme tant d'autres à Kolwezi.

Action : conduire au changement d'attitude, à l'acte, à la pratique de l'agriculture.

Avec ce modèle, il est fort possible que les objectifs assignés comportent, comme tous les bons objectifs, les cinq (5) éléments suivants : un objet précis, une cible, une tâche à réaliser, un pourcentage de changement et une durée. Cela donnerait un effet positif attendu de la distance à parcourir entre la situation actuelle et la situation souhaitée.

On doit donc faire correspondre les objectifs de communication aux centres d'intérêt et aux besoins d'information des publics, ainsi qu'aux objectifs principaux.

3.3 LE MESSAGE

Pour chaque objectif et chaque public, l'on se doit de mettre au point le message que l'on souhaite transmettre. Ainsi, l'information devrait-elle être simple, claire et facile à comprendre. On dira aux publics de Lualaba, de Kolwezi par exemple : « Imaginez que vos enfants se rendent à l'école chaque jour sans rien mettre sous la dent. Cela vous ferait-il de la joie ?

Trois questions sont importantes :

- Que dire ? (contenu du message). Il s'agit de déterminer ce qu'il faut dire pour provoquer la réponse désirée chez le récepteur.
- Comment le dire ? (stratégie créative). C'est la façon dont le message est transmis qui fait son efficacité. Les stratégies créatives correspondent à la manière dont le contenu des messages est transformé en communication spécifique. On distingue ici deux types de messages : a) le message informationnel qui repose sur les attributs du produit ou du service et les bénéfices qu'ils procurent ; b) le message transformationnel qui, lui, repose sur les éléments non liés au produit ou au service. Il essaie de faire naître des émotions qui poussent à l'acte.
- Qui doit le dire ? (source du message). Il est courant que l'on utilise des personnages anonymes ou célèbres. Toutefois, un porte-parole crédible est essentiel pour l'efficacité du message. C'est l'« effet de source », dit-on.

Trois facteurs déterminent la crédibilité d'une source : a) l'expertise liée aux compétences que la personne est censée posséder ; b) la confiance accordée à la source perçue comme désintéressée ; c) l'empathie qui fait fonction de l'attrait que la source exerce sur l'audience.

Voici un exemple des messages adaptés aux groupes cibles :

Tableau 2. Des exemples des messages ayant rapport avec les cibles

Groupe cible	Messages
Groupe 1 : Les producteurs : agriculteurs, éleveurs, pêcheurs.	• Les variations que connaîtront les saisons chaque année (début des pluies, répartition spatio-temporelle des pluies, poches de sécheresse, chaleur excessive, etc.)
Groupe 2 : Les transformateurs et revendeurs des produits	• Les causes réelles des changements climatiques afin d'éviter le déboisement ; • Les pratiques expérimentées et qui produisent des résultats positifs pour contrer les crises dans les sous-secteurs de l'agriculture • Les bonnes pratiques d'adaptation dans les domaines de la production végétale, de l'élevage et de la pêche et les bienfaits de la rentabilité ; • Les résultats des bonnes pratiques à partager entre acteurs
Groupe 3 : Les acteurs communautaires, l'administration locale, les agents d'encadrement, les ONG, les médias, les leaders tradi-religieux	• Les prévisions saisonnières (climatiques et hydrométéorologiques) • Les pratiques empiriques adoptées par les producteurs et non conformes aux mesures d'adaptation à l'agriculture modernes ; • Les supports de communication pour les médias et les ONG (affiches, brochures, dépliants, les microprogrammes, boîte à images, etc.) sur les causes réelles de la crise agricole ; • Les bonnes pratiques d'adaptation dans les domaines de la production végétale, de l'élevage et des pêches • Les résultats des bonnes pratiques à partager entre acteurs
Groupe 4 : Les acteurs institutionnels : au niveau central (les ministères partenaires : les écoles et facultés agronomiques et les instituts de recherche) et au niveau provincial (les services déconcentrés des ministères partenaires)	• Les actions à entreprendre dans les zones agricoles pour un changement d'attitudes, un bon encadrement des producteurs et une mise à disposition des intrants et du matériel agricole ainsi qu'un financement adéquat (micro crédit).

3.4 LE BUDGET DE COMMUNICATION

Toute entreprise, toute organisation doit décider du montant global de son investissement en communication. Il faut reconnaître tout de même que c'est une décision très difficile à prendre. Nous conseillons donc aux décideurs, aux ONG et autres intervenants du secteur agricole dans le Lualaba de savoir faire la part des choses pour que la communication réussisse en y mettant assez de moyens financiers. Tout sera fonction des ressources disponibles et des objectifs visés.

3.5 DES CANAUX DE DIFFUSION

Les termes canaux de diffusion ou de communication désignent les médias. Il existe :

LES CANAUX POUR UN PUBLIC LARGE

Les médias de masse (radio, TV, musique, cinéma, théâtre, pour toucher des publics très vastes, principalement urbain ; b) les médias imprimés (livres, brochures, prospectus, calendriers, agendas, lettres, fiches d'information qui transmettent l'information à durée de vie longue, mais touchent un public moins vaste) ; c) les médias extérieurs (banderoles, panneaux d'affichage, enseignes, panneaux routiers, haut-parleurs ayant une visibilité élevée pour la sensibilisation, mais transmettant un petit volume d'information).

LES CANAUX POUR UN PUBLIC DE TAILLE MOYENNE

Les médias électroniques (internet, ordinateurs, Cd-rom, courriels, lettres d'information électronique, réseaux sociaux, téléphones, SMS, qui offrent une multitude de possibilité pouvant toucher les publics très dispersés, mais avec un public limité à cause de l'accessibilité. Seul le téléphone mobile va jusque dans les régions rurales ; b) les petits médias (photos, tableaux d'affichage, expositions, logos, t-shirts, casquettes, badges, dépliants faciles à utilisés par les groupes).

LES CANAUX POUR UN PUBLIC RESTREINT

Les groupes (formations, visites sur terrain, démonstrations, enquêtes participatives, théâtres, théâtres de rue, discours, sermons, vidéos, sont efficaces pour les démonstrations pratiques et permettent une réaction du public par des questions, des commentaires en stimulant les discussions ; b) le face-à-face (lettres, mémos, réunions, appels téléphoniques, courriels individuels, chat permettent une réaction et peuvent être personnalisés pour atteindre chaque membre.

Dans le cas de Kolwezi, il est plus facile d'utiliser les chaînes des radios locales pour atteindre les alentours, les SMS parce que le téléphone est très répandu, le face-à-face (réunion), les groupes (formations, visites sur terrain, démonstrations, discours), haut-parleurs, affichages afin de mieux atteindre ce public avec des messages que l'on souhaiterait leur transmettre. Cela en tenant compte du rapport coût-efficacité de ces médias. Et les plus chers sont les groupes: le coût est élevé par personne touchée (accueil, hébergements ...) et recherche du personnel spécialisé.

3.6 EVALUATION DES ACTIVITES DE COMMUNICATION

L'évaluation des activités est d'une importance capitale dans le processus de communication. Elle porte sur la réalisation des objectifs de communication tels que définis au préalable. Une équipe préparée auparavant et ayant suivi le projet de bout en bout sera appelée à effectuer cette étape de suivi-évaluation. On pourra y intégrer entre autres les inspecteurs de l'agripel, les chargés de vulgarisation, etc.

En somme, c'est après avoir collecté les données qu'ils les analysent pour vérifier si les objectifs de communication ont été réalisés comme précédemment définis. Ce qui permettra d'adapter si nécessaire l'efficacité des activités de communication et éventuellement, de modifier le plan de communication. Voilà qui sanctionnera le processus de conception de cette stratégie de communication.

4 DES RECOMMANDATIONS

A ce stade du travail, nous voulons faire des recommandations (celles proposées également par le Bureau International du Travail (B.I.T)) qui, en plus de la stratégie de communication que nous avons élaborées ci-haut, aideront à booster l'agriculture au Lualaba en général, et aux alentours de la ville de Kolwezi en particulier. Il s'agit de :

1. Investir massivement dans la réhabilitation des voies de communication pour désenclaver durablement l'intérieur de la province, particulièrement les zones de production agricole ;
2. Mettre en place des micros crédits en faveur des associations de producteurs et d'opérateurs agricoles ;
3. Initier la relance agricole en mettant l'accent sur la diversité des revenus afin d'optimiser la gestion des risques pour l'exploitant agricole familial ;
4. Réduire les politiques de distribution gratuite d'intrants car elles s'opposent au processus de développement et maintiennent les populations dans la recherche du moindre effort ;
5. Inciter les agences humanitaires et les entreprises minières à acheter localement les vivres de première nécessité (maïs, riz, haricots) afin d'encourager les producteurs locaux à travailler encore plus avec espoir d'écouler facilement et en grande quantité ;
6. Appliquer les allègements fiscaux et douaniers à l'importation des intrants et équipements agricoles ;
7. Vulgariser le code agricole et réduire le coût de l'énergie électrique et du gasoil ;

8. Proposer au Gouvernement central l'amélioration du budget du Ministère de l'agriculture et la révision de la loi foncière afin de protéger et garantir la propriété privée contre les vols, les pillages et violations foncières, expropriation, déplacement des populations installées sur des domaines miniers, faire valoir la loi agricole en créant les carrés miniers dans le respect de celle-ci ;
9. Proposer l'élaboration du cadastre agricole à l'instar du cadastre minier pour que les terres et les vallées fertiles soient réservées uniquement aux activités agricoles ;
10. Préconiser des séminaires de renforcement des capacités de tout le personnel commis à l'encadrement, à la vulgarisation et à la formation dans le secteur agricole ;
11. Convaincre les entreprises minières à investir dans le secteur agricole ou à créer des directions de production agricole comme il en a existé à la Gécamines pendant sa belle époque.

Nous estimons que ces quelques suggestions (la liste étant non exhaustive) pourront réellement aider la ville de Kolwezi et, au-delà, la province du Lualaba à décoller dans le secteur agricole.

5 CONCLUSION

Pour conclure, disons qu'il a été un grand plaisir pour nous que de parcourir Kolwezi et ses alentours en matière de communication. Nous avons présenté le contexte général de l'agriculture et les freins au développement agricole dans la Province du Lualaba en général et dans la ville de Kolwezi en particulier. Il ressort qu'une bonne stratégie de communication pourrait aider les habitants de cette contrée à comprendre le bien fondé de se lancer dans l'agriculture, bien sûr, avec l'appui des décideurs, des ONG et tous les intervenants dans ce secteur. Point n'est besoin de démontrer à ce jour que ce marasme ne prendra fin qu'avec le concours de tout le monde. Plus encore des services de communication dont le rôle est celui d'atteindre toutes les couches de la société et de les accompagner jusqu'à la réalisation et des objectifs généraux et des objectifs de communication de toutes les démarches envisagées soit par le gouvernement provincial soit par les autres intéressés dans le secteur agricole.

REFERENCES

- [1] ACE Europe, 2011, Analyse de la gouvernance du secteur agriculture en R.D.C, rapport final. (info@ace-europe.be, consulté le 16/06/2018 à 18h30.)
- [2] Agire, 2013, Manuel de communication pour la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc, MEMEE, Rabat.
- [3] BIT, Rapide évaluation de l'impact de la crise du secteur minier de la zone Lubumbashi-Likasi-Kolwezi de la province du Katanga et potentialités en termes de promotion de l'emploi, BIT, s. d, Lubumbashi. 34p.
- [4] FAO, 2012, Manuel de communication pour la sécurité alimentaire, FAO, Paris. 215p
- [5] Kotler, P et alii, 2017, Marketing, Management, Paris,
- [6] MAPE, 2009, Note de politique agricole, Kinshasa, avril.
- [7] Ministère de l'agriculture, 2010, Stratégie sectorielle de l'agriculture et du développement rural, Kinshasa, mars.
- [8] Philippe Lebailly, et alii, 2014, Quel développement agricole pour la R.D.Congo ?, conjonctures congolaises, Kinshasa.
- [9] Province du Lualaba, 2018, Exposé de son Excellence Monsieur le Gouverneur au forum Forbes, New York, septembre.
- [10] TECSULT & AECOM, 2009, Etude du secteur agricole : rapport préliminaire-bilan-diagnostic et note d'orientation, Mape, Kinshasa, Juin.
- [11] Thierry Libaert, 2008, Le plan de communication, Dunod, 3^{ème} édition, Paris. 283 p.

ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES DES EXTRAITS DE DEUX PLANTES MEDICINALES UTILISEES POUR TRAITER LES INFECTIONS CUTANEEES ET LES SEPTICEMIES AU BENIN

[PHYTOCHMICAL STUDIES AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF EXTRACTS FROM TWO MEDICINAL PLANTS USED IN BENIN TO TREAT SKIN INFECTIONS AND SEPTICEMIES]

Mahudro Yovo¹, Sedjro-Ludolphe Oronce Dedome², Philippe Sessou¹⁻², Guy Alain Alitonou¹, Fidèle Paul Tchobo¹, Felicien Avlessi¹, and Dominique Codjo Koko Sohounhloue¹

¹Département de Génie Chimique et Procédés, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

²Département de Production et Santé Animale, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study aims to develop two medicinal plants used in Benin in the treatment of skin, urinary infections and septicemia. This study consists in determining the chemical composition, evaluating the antibacterial and antioxidant activities of the ethanolic, semi-ethanolic and aqueous extracts of the two plants investigated: *Diospyros mespiliformis* and *Entada africana*. The extracts of these plants were obtained by maceration for 72 hours. The identification of secondary metabolites carried out by the method of precipitation and staining in the tubes revealed the presence of tannins, saponosides, flavonoids, anthocyanins; alkaloids, coumarins, sterols and terpenes. The content of total phenolic compounds was estimated by the Folin-Ciocalteu method, it varies from 2455.36 ± 7.05 to 5141.51 ± 98.67 EAG / gMS for extracts of *D. mespiliformis* and 2261.00 ± 21.14 to 7256.6 ± 24.67 EAG / gMS for extracts of *E. africana*. The antioxidant activity of the extracts was evaluated by the anti-free radical test using the DPPH radical. The results obtained show that the extracts of *E. africana* have a higher free radical scavenging power than the extracts of *D. mespiliformis*. The antibacterial activity of the in vitro extracts against microorganisms is evaluated by two methods: diffusion on disc and microdilution. The results show that the ethanolic extract of *D. mespiliformis* exerts a bactericidal effect on *S. aureus* as well as the ethanolic and aqueous extracts of *E. africana* which have a bactericidal effect on the strains of *S. aureus* and SCN. These results show that the investigated extracts have antimicrobial properties and could be used in the fight against skin infections and septicemia. This justifies their use in traditional medicine.

KEYWORDS: *Diospyros mespiliformis*, *Entada africana*, biological activities, Benin.

RÉSUMÉ: La présente étude se propose de valoriser deux plantes médicinales utilisées au Bénin dans le traitement des infections cutanées, urinaires et les septicémies. Cette étude consiste à déterminer la composition chimique, évaluer les activités antibactérienne et antioxydante des extraits éthanolique, semi-éthanolique et aqueux des deux plantes investiguées: *Diospyros mespiliformis* et *Entada africana*. Les extraits de ces plantes ont été obtenus par macération pendant 72 heures. L'identification des métabolites secondaires effectuée par la méthode de précipitation et de coloration dans les tubes a révélé la présence des tanins, saponosides, flavonoïdes, anthocyanes ; alcaloïdes, coumarines, stérols et terpènes. La teneur en composés phénoliques totaux a été estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu, elle varie de $2455,36 \pm 7,05$ à $5141,51 \pm 98,67$ EAG/gMS pour les extraits de *D. mespiliformis* et de $2261,00 \pm 21,14$ à $7256,6 \pm 24,67$ EAG/gMS pour les extraits de *E. africana*.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le test antiradicalaire utilisant le radical DPPH. Les résultats obtenus montrent que les extraits de *E. africana* ont un pouvoir de piégeage des radicaux libres plus important que les extraits de *D. mespiliformis*. L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits in vitro vis-à-vis des microorganismes est effectuée par deux méthodes : la diffusion sur disque et la microdilution. Les résultats montrent que l'extrait éthanolique de *D. mespiliformis* exerce un effet bactéricide sur *S. aureus* de même que les extraits éthanolique et aqueux de *E. africana* qui possèdent un effet bactéricide sur les souches de *S. aureus* et SCN. Ces résultats montrent que les extraits investigués possèdent des propriétés antimicrobiennes et pourraient être utilisés dans la lutte contre les infections cutanées et les septicémies. Ce qui justifie leur utilisation en médecine traditionnelle.

MOTS-CLEFS: *Diospyros mespiliformis*, *Entada africana*, activités biologiques, Bénin.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui comme jadis, la médecine moderne dépend beaucoup des plantes. Les laboratoires de chimie et de biologie à travers le monde ont emboîté le pas à la médecine traditionnelle pour la recherche des voies et moyens de venir à bout des pathologies diverses, ceci par la recherche de nouveaux principes actifs et la compréhension de leurs modes d'action [1]. Au cours du temps, d'autres constatations ont permis de sélectionner les plantes servant à soigner des maladies. Les connaissances empiriques accumulées ont permis aux différentes civilisations de prendre les plantes comme source essentielle de médicament. Jusqu'au début du XX^{ème} siècle, presque tous les médicaments étaient d'origine végétale [2]. L'utilisation des plantes médicinales sous différentes formes brutes ou préparées s'est considérablement élargie. L'organisation mondiale de la santé (L'OMS) estime que 80% de la population globale dépend notamment de la médecine traditionnelle pour les soins sanitaires et, il a été rapporté aussi que 51% des préparations médicamenteuses dans les pays industrialisés dérivent de plantes [3][4]. Il faut noter qu'à l'heure actuelle, le phénomène de résistance est connu pour toutes les familles d'antibiotiques. Face à ce phénomène dans un pays regorgeant d'une richesse très importante en flore, la recherche de nouveaux principes actifs extraits de façon naturelle doit connaître un regain d'intérêt [5]. De ce fait nous sommes intéressés à faire l'étude chimique et évaluer les propriétés biologiques des extraits de deux plantes médicinales du Bénin.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est constitué de l'écorce de tronc de *Entada africana* et des feuilles de *Diospyros mespiliformis* récoltées à Bassila (Benin).

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Il est constitué des souches de références de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25933), *Escherichia coli* (ATCC 25922), et de *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 818E) et *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) et la souche clinique de *Staphylococcus* à Coagulases Négatives. Ces souches ont été fournies par le Laboratoire de Bactériologie du Centre National Hospitalier Universitaire Hubert Koutoukou MAGA du Bénin.

2.2 MÉTHODES

Après la collecte du matériel végétal, les échantillons ont été séchés à la température du laboratoire (25°C-30°C) puis réduits en poudre

2.2.1 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

Les grandes familles de métabolites secondaires ont été recherchées dans la plante suivant les méthodes classiques de caractérisation. Les tanins et polyphénols ont été identifiés par le test au FeCl₃ et le réactif de Stiasny; les flavonoïdes par la réaction à la cyanidine ; les saponosides par le test de mousse ; les triterpènes et stéroïdes par le test de Liebermann-Burchard

les mucilages par le test à l'éther éthylique, les coumarines par la fluorescence à l'UV et enfin les alcaloïdes par les tests de Mayer et Dragendorf [6] [7] [8] [9].

2.2.2 PRÉPARATION DES EXTRAITS ÉTHANOLIQUE, SEMI-ÉTHANOLIQUE ET AQUEUX

50g de poudre de chaque échantillon ont été extraits avec 500 ml de solvant durant 72 heures sous agitation. Les filtrats ont été regroupés et évaporés à sec sous vide. Après pesée et calcul de rendement (R), les extraits ont été conservés au réfrigérateur jusqu'à utilisation.

$$R = (\text{masse de l'extrait} / \text{masse de la poudre}) * 100$$

2.2.3 DOSAGE DES COMPOSÉS POLYPHÉNOLIQUES

Le dosage des composés polyphénoliques a été réalisé pour chacun des deux extraits. La teneur en polyphénols totaux a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu, les flavonoïdes totaux par la méthode de AlCl_3 , les tanins condensés par la réaction à la vanilline sulfurique. La teneur en polyphénols totaux a été exprimée en mg d'équivalent acide gallique/g de matière sèche (mgEAG/gMS), la teneur en flavonoïdes totaux en mg d'équivalent catéchine/g de matière sèche (mgEC/gMS), les tanins condensés en mg d'équivalent de catéchine/g de matière sèche (mgEC/gMS). Ces méthodes ont été décrites par [8] et rapportées par [9].

2.2.4 TEST D'ACTIVITÉ ANTIRADICALAIRE

Ce test a été réalisé suivant la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH $\cdot$. Dix (10) concentrations de chaque extrait ont été préparées dans le solvant approprié. 200 μL de chacune des solutions d'extrait (solvant seul pour le blanc) ont été mélangées à 3800 μL d'une solution de DPPH (Sigma-Aldrich) à 100 μM et placés à l'obscurité. La cinétique de la réaction a été suivie durant 2h, avec mesure de l'absorbance au spectrophotomètre à 517nm toutes les 15 minutes. Le taux de piégeage des radicaux DPPH $\cdot$ a été calculé suivant l'équation [9].

$$\text{Pourcentage de piégeage des DPPH} \cdot : (\%) = (\text{Absorbance témoin} - \text{Abs extrait}) / \text{Abs témoin} \times 100.$$

A partir de ce pourcentage la concentration d'extrait inhibant 50% des radicaux DPPH $\cdot$ (IC_{50}) a été déterminée. L'acide gallique, la Quercétine et le BHT ont été utilisés comme standards de référence.

2.2.5 TEST D'ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE

Les tests d'activité antibactérienne ont été réalisés par méthode de diffusion par disque sur milieu gélosé et la méthode de dilution dans les puits.

2.2.5.1 MÉTHODE DE DIFFUSION PAR DISQUE

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des différents extraits a été préalablement réalisée par la méthode de diffusion par disque sur le milieu gélosé Muller-Hinton Agar [1] afin d'identifier les extraits actifs sur lesquels seront menées les études ultérieures. Les solutions à tester ont été préparées à la concentration de 100 mg/ml avec de l'eau distillée stérile pour l'extrait aqueux et un mélange éthanol/eau (4/6) pour l'extrait éthanolique. Les suspensions microbiennes en phase exponentielle de croissance (0,5 sur l'échelle de McFarland, soit environ $1,5 \cdot 10^6$ cellules/ml) ont étéensemencées sur de la gélose MHA stérile. Des disques imprégnés de 25 μL d'extrait (2,5mg), de 25 μL de solvant pour les témoins négatifs et le disque d'antibiotique de référence, en l'occurrence la gentamycine (10 μg /disque) chloramphénicol (30 μg /disque) et la vancomycine (30 μg /disque) comme témoins positifs ont été déposés sur la gélose MHA préalablement ensemencée. Après une pré-diffusion de 30 min à température ambiante, les boîtes de Pétri ont été incubées 18 à 24 heures à 37°C. Les diamètres des zones d'inhibition de croissance microbienne ont été mesurés, les moyennes calculées (l'opération est réalisée en triplicata) et les écart-types déterminés. Les extraits ayant présenté un diamètre d'inhibition supérieur ou égal à 12 mm (disque compris 6mm) [10], ont été retenus pour la détermination de la CMI et de la CMB.

2.2.5.2 MÉTHODE DE DILUTION DANS LES PUIITS

La détermination de la CMI et de la CMB a été réalisée suivant la méthode de microdilution en bouillon de culture utilisant les microplaques de 96 puits [10]. A partir d'une solution-mère d'extrait à 400 mg/ml, une dilution successive de raison 2 (100 à 0,19 mg/ml) est réalisée puits par puits avec du Mueller-Hinton Broth et un bouillon de suspension microbienne à $1,5 \cdot 10^6$ cellules/ml. La solution d'extrait diluée dans du MHB seul est prise comme témoin négatif et comme témoin positif, la suspension microbienne avec du MHB seul. Les microplaques ainsi ensemencées, sont recouvertes de parafilm et incubées 24h à 37°C. Le jour d'après, le puits correspondant à la plus petite concentration d'extrait pour laquelle on n'observe pas de turbidité est pris comme étant la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) de l'extrait sur la souche testée. A partir de la CMI, les puits n'ayant montré aucune croissance microbienne visible à l'œil nu sont ré-isolés sur de la gélose Muller-Hinton Agar. L'incubation est faite à 37°C pendant 24h. La plus faible concentration pour laquelle on n'observe aucune colonie microbienne (99,99% de destruction) est la Concentration Minimale Bactéricide (CMB), de l'extrait sur la souche testée. Le pouvoir antibiotique de la souche est déterminé en faisant le rapport CMB/CMI ; lorsque ce rapport est inférieur ou égal à 4, l'extrait est qualifié de bactéricide et dans le cas où le rapport est supérieur à 4, l'extrait est dit bactériostatique [11].

2.2.6 ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats d'analyses microbiologiques obtenus de trois essais indépendants, ont été traités grâce au logiciel Excel pour la comparaison des moyennes.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 RENDEMENTS D'EXTRACTION

Les rendements d'extraction sont indiqués dans le tableau1 ci-dessous. Les rendements d'extraction obtenus sont importants et varient de 16,96% à 30,34% pour les feuilles de *D. mespiliformis* et de 12,15% à 21,75% pour les extraits de l'écorce de tronc de *E. africana*. Pour les deux échantillons, le rendement le plus élevé est obtenu au niveau de l'extrait semi-éthanolique. Le rendement de l'extrait éthanolique des feuilles de *D. mespiliformis* récoltées au Nigéria est de 25,2% [12]. Ce résultat est en accord avec celui obtenu dans le présent travail. Par contre les études menées au Ghana [13] sur l'écorce de tronc de *E. africana* ont donné 25,5% pour l'extrait aqueux qui est le double de celui obtenu dans notre étude et 11,41% pour l'extrait éthanolique ; cette dernière valeur de rendement est inférieure à celle de notre échantillon.

Tableau 1. Rendements d'extraction

	Rendements (%)		
	E1	E2	E3
<i>D. mespiliformis</i> (feuilles)	29,14±0,09	30,34±0,10	16,96±0,04
<i>E. africana</i> (écorce de tronc)	18,64±0,05	21,75±0,09	12,15±0,01

Légendes : E1= extrait éthanolique ; E2= extrait semi-éthanolique ; E3= extrait aqueux

3.2 SCREENING PHYTOCHIMIQUE ET EXTRACTION

Les résultats issus du criblage phytochimique indiqués dans le tableau 2 montrent que les extraits sont riches en métabolites secondaires et contiennent tous des flavonoïdes, tanins catéchiques, leucoanthocyanes, saponosides. Les stérols et terpènes sont présents dans les extraits éthanolique et semi-éthanolique de l'écorce de tronc de *E. africana* puis dans les extraits aqueux et semi-éthanoliques de *D. mespiliformis*. Les mucilages sont contenus dans tous les extraits des feuilles *D. mespiliformis* alors qu'ils ont été identifiés seulement dans l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *E. africana*. Par ailleurs, les anthraquinones libres, absents dans les extraits de *E. africana* ont été identifiés dans tous les extraits de *D. mespiliformis*. Les coumarines sont présentes dans les extraits éthanoliques des deux échantillons et dans l'extrait aqueux de *E. africana*. Les études effectuées au Nigéria [12] ont montré que les feuilles de *D. mespiliformis* contiennent des tanins, saponosides, alcaloïdes, stérols et terpènes. Dans l'échantillon du Burkina, les anthraquinones et les flavonoïdes sont absents dans les extraits aqueux et éthanoliques [14]. Cependant ils ont identifié les alcaloïdes et les tanins dans ces deux extraits. Par ailleurs, l'extrait aqueux ne contient pas les anthocyanes, les stérols et terpènes contrairement à l'extrait éthanolique qui contient ces deux familles de composés. Une étude récente effectuée au Bénin [15] sur les extraits de l'écorce de tronc de *E. africana*, a révélé la présence des tanins

catéchiques, saponosides, mucilage, leucoanthocyanes et l'absence des alcaloïdes, flavonoïdes, coumarines, stérols dans l'extrait aqueux de plante. Ces résultats corroborent en partie avec les nôtres. Au Cameroun, les tests de criblage phytochimique effectués sur l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *E. africana*, révèlent la présence des composés réducteurs, tanins, flavonoïdes, leucoanthocyanes et l'absence des alcaloïdes, stérols et terpènes [16]. Les études effectuées sur l'échantillon du Nigéria [17] ont noté l'absence des flavonoïdes dans l'écorce de tronc de *E. africana* mais ils ont identifié les tanins, les anthraquinones, les saponosides, les stérols et terpènes. La gamme variée de métabolites secondaires remarquée au niveau de nos échantillons par rapport aux travaux antérieurs pourrait être liée à divers facteurs climatiques, à la nature du sol et à la période de la récolte [18]. La diversité en métabolites secondaires de ces plantes pourrait expliquer leurs utilisations dans le traitement de plusieurs affections.

Tableau 2. Métabolites secondaires identifiés dans les extraits

		<i>E. africana</i>			<i>D. mespiliformis</i>		
		E1	E2	E3	E1	E2	E3
Alcaloïdes		-	+	+	+	+	-
Flavonoïdes		+	+	+	+	+	+
Tanins	Galliques	+	-	-	-	+	+
	Catéchiques	+	+	+	+	+	+
Anthocyanes		+	+	+	+	-	+
Leucoanthocyanes		+	+	+	+	+	+
Saponosides		+	+	+	+	+	+
Anthraquinones		-	-	-	-	-	+
Anthraquinones libr.		-	-	-	+	+	+
Mucilages		-	+	-	-	+	-
Stérols et terpènes		+	+	-	-	+	+
Coumarines		+	-	+	+	-	-
Comp. réducteurs		-	-	+	+	+	+

Légendes : E1= extrait éthanolique ; E2= extrait semi-éthanolique ; E3= extrait aqueux

3.3 TENEURS EN COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

Les teneurs en composés phénoliques sont indiquées dans le tableau 3. La teneur en phénols totaux est exprimée en milligramme d'Equivalent d'Acide gallique par gramme de matière Sèche (mgEAG/gMS), celle des tanins condensés et flavonoïdes totaux est exprimée en milligramme d'Equivalent de Catéchine par gramme de matière sèche (mgEC/gMS).

Concernant *D. mespiliformis*, la teneur en phénols totaux de l'extrait éthanolique est de 3957,48±59,91 mgEAG/gMS alors que celle de l'extrait semi-éthanolique et aqueux sont respectivement de 5141,51±98,67 mgEAG/gMS et 2455,36±7,05 mgEAG/gMS. Du point de vue de la teneur en flavonoïdes totaux, l'extrait éthanolique a donné 358,83±8,14 mgEC/gMS, celui semi-éthanolique est de 332,83±2,81mgEC/gMS et 161,83±5,90 mgEC/gMS pour l'extrait aqueux. Quant à la teneur en tanins condensés, celle la plus élevée est obtenue au niveau de l'extrait éthanolique avec une valeur de 202,39±1,12 mgEC/gMS suivie de 176,62±2,03 mgEC/gMS pour l'extrait semi-éthanolique et 84,54±1,7 mgEC/gMS pour l'extrait aqueux. Par rapport à l'écorce de tronc de *E. africana*, la teneur en phénols totaux des extraits éthanolique, semi-éthanolique sont respectivement de 7256,6±24,67 mgEAG/gMS et 6529,43±3,52 mgEAG/gMS alors que celle de l'extrait aqueux est 2261,00±21,14 mgEAG/gMS. la teneur en composés phénoliques de l'extrait aqueux obtenue au Burkina est de 2330±33 mgEAG/gMS [20]. Cette valeur est en accord avec celle obtenue dans cette étude. La teneur en flavonoïdes totaux de l'extrait éthanolique est de 259,14±9,27mgEC/gMS, celle de l'extrait semi-éthanolique est de 220,17±2,53 mgEC/gMS alors qu'une valeur de 63,73±11,52 mgEC/gMS est obtenue pour l'extrait aqueux. Un faible taux en flavonoïdes totaux (6,95%) a été obtenu dans l'extrait aqueux de l'échantillon étudié par [19], ce qui est en accord avec notre résultat. Quant à la teneur en tanins condensés, elle est de 142,18±0,33 mgEC/gMS, 192,53±0,21 mgEC/gMS et 107,42±0,17 mgEC/gMS respectivement pour les extraits éthanolique, semi-éthanolique et aqueux.

La variabilité des teneurs en métabolites secondaires d'une région à l'autre peut dépendre de plusieurs facteurs. Au nombre de ces derniers figurent les conditions climatiques et édaphiques (la température, exposition solaire, la sécheresse, salinité...), les conditions de stockage et de l'état de maturité de la plante [9].

Tableau 3. Teneurs des composés phénoliques des extraits des échantillons étudiés

	<i>D. mespiliformis</i>			<i>E. africana</i>		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Ph. Totaux (mgEAG/gMS)	7256,60±24,67	6529,43±3,52	2261,00±21,14	3957,49±59,90	5141,51±98,67	2455,36±7,05
Fl. Totaux (mgEC/gMS)	259,14±9,247	220,17±2,52	63,73±11,51	358,83±8,14	332,37±2,81	161,83±5,89
T. Condensés (mgEC/gMS)	142,18±0,33	192,53±0,21	107,41±0,17	202,4±1,12	176,62±2,03	84,54±1,70

3.4 ACTIVITÉ ANTIRADICALAIRE DES EXTRAITS BRUTS DES PLANTES ÉTUDIÉES

Le taux de piégeage des radicaux libres en fonction des concentrations des extraits des feuilles de *D. mespiliformis* et des extraits de l'écorce de tronc de *E. africana* sont exprimés en mg/mL.

Concernant les feuilles de *D. mespiliformis* et pour les concentrations de l'extrait éthanolique inférieures à 0,29mg/mL, nous observons une augmentation progressive du pourcentage de piégeage qui devient constant au-delà de cette concentration et est égal à 100%. La concentration de cet extrait permettant de piéger 50% des radicaux libres est égale à 0,09mg/mL. En ce qui concerne l'extrait aqueux, nous notons qu'aux concentrations supérieures à 0,58mg/mL, le pourcentage de piégeage reste quasiment constant et égal à 100%. Pour cet extrait, la concentration ayant permis de piéger 50% de radicaux libres est de 0,14mg/mL. Au niveau du profil de l'extrait aqueux, nous observons une augmentation progressive du pourcentage de piégeage qui reste presque constant (90%) au-delà d'une concentration égale à 0,87mg/mL. La concentration de cet extrait ayant permis de piéger 50% des radicaux libres est égale à 0,6mg/mL. L'IC50 de l'extrait aqueux des feuilles de *D. mespiliformis* étudié en Namibie [20] a pour valeur 0,075mg/mL. Cette valeur est inférieure à celle de notre extrait et montre que l'échantillon de Namibie est plus actif que celui étudié dans le présent travail.

Nous notons à partir des valeurs des IC50 que l'extrait éthanolique est le plus actif suivi de l'extrait semi-éthanolique et aqueux respectivement. Ce qui est justifié par la plus grande valeur de teneur en phénols totaux obtenue pour l'extrait éthanolique.

Quant à l'écorce de tronc de *E. africana*, Nous notons qu'au-delà de 0,2mg/mL, le pourcentage de piégeage des radicaux libres DPPH· reste constant et égal à 100% pour les extraits éthanolique et semi-éthanolique. Les concentrations ayant réduit la moitié des radicaux libres sont de 0,08mg/mL et 0,09mg/mL respectivement pour les extraits éthanolique et semi-éthanolique. Concernant l'extrait aqueux, le pourcentage de piégeage a atteint les 100% pour les concentrations supérieures à 0,51mg/mL. L'IC50 de cet extrait est de 0,22mg/mL. L'IC50 de l'extrait aqueux de l'échantillon récolté au Gampela (Burkina) a pour valeur 0,11mg/mL [20]. La valeur de l'IC50 de l'extrait aqueux étudié au Cameroun est de 0,50mg/mL[16]. Ce résultat est en parfait accord avec celui obtenu dans notre étude.

Nous notons une forte activité des extraits de l'écorce de tronc de *E. africana* témoignée par les faibles IC50 et qui pourrait être justifiée par leur forte teneur en phénols totaux.

3.5 ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE DES EXTRAITS DES PLANTES ÉTUDIÉES

3.5.1 MÉTHODE DE DIFFUSION SUR DISQUES

Pour caractériser l'activité antimicrobienne de nos extraits, nous avons utilisé au prime abord la méthode de diffusion sur disques. C'est une technique qualitative basée sur la mesure du diamètre des halos d'inhibition apparents autour des disques imprégnés d'extraits. Il ressort de l'analyse des résultats qu'à la concentration de 100mg/mL, certains extraits présentent des diamètres d'inhibition considérables sur les souches. L'extrait éthanolique des feuilles de *D. mespiliformis* a présenté un diamètre d'inhibition égal à 12,5±0,71 mm sur *S. aureus*. Ce résultat est en accord avec celui des études effectuées au Nigéria [21], qui ont montré que l'extrait éthanolique des feuilles de *D. mespiliformis* a inhibé la souche de *S. aureus* sur un diamètre de 12mm. Ils ont aussi montré que les souches de *K. pneumoniae* et *S. aureus* ont développé une résistance face à l'extrait aqueux des feuilles de *D. mespiliformis* ; ce qui corrobore notre résultat. Par contre, ils ont montré que l'extrait éthanolique a inhibé la souche de *E. coli* sur un diamètre de 12mm. Aux concentrations de 90mg/mL et 120mg/mL de l'extrait éthanolique des feuilles de *D. mespiliformis* récoltées à Sokoto (Nigéria) [22], la souche de *E. coli* a été inhibé aux diamètres de 12mm et

14mm respectivement. Pour le même échantillon, *Ps. aeruginosa* a été inhibée aux diamètres de 12mm et 13mm. Ces résultats ne sont pas en accord avec les nôtres. L'extrait aqueux de cet échantillon a également inhibé la souche de *S. aureus* sur 12 et 13mm, la souche de *Ps. Aeruginosa* sur 11 et 13mm et la souche de *E. coli* aux diamètres de 11mm et 13mm aux concentrations de 90mg/mL et 120mg/mL. Les souches de *S. aureus* et de SCN ont été sensibles à l'extrait éthanolique de l'écorce de tronc de *E. africana* sur un diamètre de $13,50 \pm 0,71$ mm et très sensibles à l'extrait aqueux de la même plante sur des diamètres de $14,50 \pm 0,71$ mm et $15,00 \pm 1,41$ mm respectivement. Les résultats issus des travaux effectués par [18] sur l'extrait éthanolique de l'écorce de tronc de *E. africana* révèlent qu'à la concentration de 10mg/mL, cet extrait a inhibé les souches de *S. aureus* et de *E. coli* aux diamètres de $6,80 \pm 0,01$ mm et $6,90 \pm 0,00$ mm respectivement.

3.5.2 MÉTHODE DE DILUTION EN MILIEU LIQUIDE

La détermination des concentrations minimales inhibitrices et bactéricides, nous permet non seulement de confirmer, de quantifier et de comparer les activités, mais aussi de caractériser la nature de l'effet révélé par un extrait sur un microorganisme donné. Comme cela a été rapporté dans la littérature, un extrait est considéré comme actif lorsqu'il induit une zone d'inhibition supérieure ou égale à 10mm [23]

Une substance est dite bactéricide lorsque le rapport CMB/CMI est égale à 2 et bactériostatique lorsque ce rapport est supérieur à 2[23]. De ce fait, une interprétation globale des résultats montre que les valeurs des CMI concordent d'une manière générale avec celle des diamètres d'inhibition ; les extraits ayant induit une importante zone d'inhibition présentent les plus petites CMI sur les souches correspondantes.

Nous notons que les concentrations minimales inhibitrices et bactéricides de l'extrait éthanolique des feuilles de *D. mespiliformis* sur *S. aureus* sont de 4,68mg/mL et 9,37mg/mL respectivement. Concernant l'extrait éthanolique de *E. africana*, les CMI et CMB sont de 12,5mg/mL et 25mg/mL sur *S. aureus* et de 1,56mg/mL et 3,12mg/mL sur SCN. Les valeurs des CMI et CMB de l'extrait éthanolique sur *S. aureus* sont en accord avec celles publiées par [18], qui ont montré que ces concentrations sont supérieures à 10mg/mL pour l'échantillon récolté au Nigéria. Quant aux concentrations de l'extrait aqueux, elles sont de 4,68mg/mL et 15,62mg/mL sur *S. aureus* et de 0,78mg/mL et 1,56mg/mL sur SCN. Ces activités pourraient être liées aux métabolites secondaires contenus dans ces extraits. En effet, outre leur pouvoir antioxydant, les flavonoïdes sont capables d'inhiber la croissance de plusieurs types de microorganismes [24]. Bien que leur mécanisme d'action demeure encore imprécis, certaines études ont donné un début d'explication de leur potentiel antibactérien.

4 CONCLUSION

La présente étude nous a permis de mettre en évidence la richesse des extraits éthanolique, semi-éthanolique et aqueux des feuilles de *D. mespiliformis* et de l'écorce de tronc de *E. africana* en coumarines et en composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les tanins, les anthocyanes... qui sont probablement responsables des activités antiradicalaire et antimicrobienne observées sur les souches de *Staphylococcus aureus* et de *Staphylococcus* à Coagulase négative. Nous pouvons donc dire que l'extrait éthanolique de *D. mespiliformis* et les extraits éthanolique et aqueux de l'écorce de tronc de *E. africana* pourraient être considérés comme agents naturels de lutte contre les infections cutanées et les septicémies. De nouvelles perspectives sont envisagées par une étude plus poussée des activités antiradicalaire et antimicrobiennes des fractions de ces extraits, de la mixture des extraits et d'évaluation de leur toxicité.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements au professeur Paul YEDOMONHA pour sa disponibilité à identifier et collecter ces plantes

REFERENCES

- [1] F. Beddou, C. Bekhechi, R. Ksouri, S.D. Chabane, F.B. Atik, Evaluation of natural antimicrobial phenolic compounds from *Anvillea radata* Coss & Dur, International Journal of Pharmaceutical Research and Bioscience, 3(1) :172-187 ; 2014.
- [2] P. Waridel : "Investigation phytochimique des plantes aquatiques *Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* *Potamogetonaceae*", Thèse de doctorat, LAUSANNE, 2003
- [3] G. Vania Zuin et H.Y. Jenete Vilegas Phytoterapy research. 14 :73-88 ; 2000.

- [4] L. Ziane, Ha. Lazouni, A. Moussaoui, N. Hamidi, M. Djellouli, A. Belabbes Flavonoid From Methanolic Extract of *Limoniastrum Feei* (Girard) Batt (Plumbaginaceae) ; Asian Journal of Pharmaceutiactal Clinical Research 8(2) : 218-219 ; 2015.
- [5] L. Ryma, A. Saoudi, B. Nabila Chemical Composition And Antifungal Activity Of Essential Oil From *Satureja Calamintha Nepeta* Against Phytopathogens Fungi, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 7(7) : 208-211; 2015
- [6] Y.A. Békro, J.A.M. Békro, B.B. Boua, B.F.H Tra, E.E. Ehilé, 2007. Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiniaceae). Sciences & Nature, 4 (2): 217-225.
- [7] F. Traoré, Proposition de formulation d'un sirop antipaludique à base de *argemone mexicana* papaveraceae. Médecine, de Pharmacie et d'Odonto Stomatologie du Mali, p 94. 2010
- [8] D.C.P. Agbangnan, C.B. Tachon, A. Chrostowka, E. Fouquet, D.C.K. Sohounhloue, Phytochemical study of a tinctorial plant of Benin traditional pharmacopoeia: The red sorghum (*sorghum caudatum*) of Benin. Scientific Study & Research, 13(2):121-135. 2012
- [9] Y.A. Koudoro, Y. Mahudro, B. Yehouenou, D.C.P. Agbangnan, F.P. Tchobo, G.A. Alitonou, C.K.D. Sohounhloue Chemical study, antiradical and antibacterial potential of the extracts of *Ximenia americana* and *Cussonia arborea* of Benin, World Journal of Pharmaceutical Sciences, 2(12): 1626-1635. 2014.
- [10] A.G. Ponce, R. Fritz, C. de Lvalle, S.I. Roura Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. Lebensm.-Wiss.u.-Technol, 36:679-684. 2003
- [11] L.Ziane Etude phytochimique et évaluation biologique des extraits organiques des différentes parties de *Limoniastrum Feei*–Blombaginaceae - (Mlefet Khadem) ; thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en-sciences, Option : Chimie Organique, universite abou-bekr belkaid – tlemcen (Algérie), p69, 2016.
- [12] A.A. Ebbo, M. Mammam, M.M. Suleiman, A. Ahmed, A. Bello Preliminary phytochemical screening of *Diospyros mespiliformis*. Research Journal of Agriculture and Environmental Management, 4(1): 023-026. 2015.
- [13] V.C. M'batchou, A.J. Ayebila, O.B. Apea, Antibacterial activity of phytochemicals from *Acacia nilotica*, *Entada africana* and *Mimosa pigra* L. on *Salmonella typhi*. Journal of Animal & Plant Sciences, 10(1): 1248-1258. 2011.
- [14] R.G. Belemtougri, B.Constantin, C. Cognard, G.Raymond, L. Sawadogo Effects of two medicinal plants *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) and *Diospyros mespiliformis* L. (Ebenaceae) leaf extracts on rat skeletal muscle cells in primary culture. Journal of Zhejiang University Science, 7(1): 56-63. 2006.
- [15] F. C. C. Tiropa, A. G. Bienvenu, A. Sabbas, P.O. Abiodoun Chemical components of main used herbal remedies in somba cattle health care in the northern benin. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 5(5) : 175-184, 2016
- [16] F.N. Njayou, E.C.E. Aboudi, M.K. Tandjang, A.K. Tchana, B.T. Ngadjui, P.F. Moundipa Hepatoprotective and antioxidant activities of stem bark extract of *Khaya grandifoliola* (Welw) CDC and *Entada africana* Guill. et Perr. Journal of Natural Products, 6: 73-80. ,2013.
- [17] J. C Ifemeje., C., Egbuna S.C., Udedi H.I. Iheukwumere Phytochemical And In Vitro Antibacterial Evaluation of the Ethanolic Extract of the Stem Bark of *Entada africana* Guill. & Perr and *Sarcocephalus latifolus*. International Journal of Biochemistry Research & Review, 4(6): 584-592. 2014.
- [18] F. Manolaraki, Propriétés anthelmintiques du sainfoin (*Onobrychisviciifoliae*). Analyse des facteurs de variations et du rôle des composés phénoliques impliqués. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse III, Toulouse. 2011.
- [19] A. Tibiri, W.S. Richard, O. Noufou, B. Jean-Theophile, Evaluation of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents of *Entada africana* Guill. et Perr. (Mimosaceae) Organ Extracts. Research Journal of Medical Sciences, 4 (2): 81-87, 2010.
- [20] N.N. Sylvia, R.M.Davis, Phytochemical Analysis and In Vitro Anti-plasmodial Activity of Selected Ethnomedicinal Plants Used to Treat Malaria Associated Symptoms in Northern Namibia. International Science of Technology Journal Namibia, 2(1): 78-93. 2013.
- [21] M.H. Shagal, D. Kubmarawa and H. Alim, Preliminary phytochemical investigation and antimicrobial evaluation of roots, stem-bark and leaves extracts of *Diospyros mespiliformis*. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics, 2(1): 011-015. 2012.
- [22] S.M. Dangoggo, L.G Hassan, I.S. Sadiq, S.B. Manga, Phytochemical Analysis and Antibacterial Screening of Leaves of *Diospyros Mespiliformis* and *Ziziphus Spina-Christi*. Journal of Chemical Engineering, 1(1): 31-37. 2012.
- [23] F. Beddou, Etude phytochimique et activités biologiques de deux plantes médicinales sahariennes *Rumex vesicarius* L. et *Anvillea radiata* Coss & Dur, Thèse. Université Abou Belkaid, p122. 2015.
- [24] R.N. Okigbo, C.S. Mbajiuka, C.O Njoku., antimicrobial potentials of (UDA) *Xylopia aethiopica* and *Occimum gratissimum* L. on pathogens of man. International Journal of Molecular Medicine, 1(4): 392-397, 2005.

Impacts de l'orpaillage sur la morphologie et la qualité des eaux du fleuve Cavally (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire)

[Artisanal gold panning impacts on morphology and water quality of Cavally river (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire)]

Konan Kouakou Séraphin¹, Kouassi Kouakou Lazare¹, Konan Koffi Félix², Yapo Assémian Sylvestre¹, and Brou Loukou Alexis¹

¹Laboratoire des Sciences et technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

²Laboratoire en Ecologie, Biodiversité et Evolution, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: Since the crisis that happened in 2002, artisanal gold panning activity is practised on the minor and major bed of Cavally river in Zouan-hounien (Côte d'Ivoire). This generating activity of income to the populations is done without respecting the environmental and social measures. However the water of the river is used by this population for food, bodily, agricultural needs. This study aims at evaluating the impacts of artisanal gold panning on the morphology and the quality of water of the Cavally river. Thus, the treatment of satellite images by teledetection software and geographics informations systems, the analyze and the treatment, with SEQ-Water tool, for samples taken are used. It comes out from this study that surfaces of the sections of the river evolved/moved from 5,68%, in 1986, to 16,31%, in 2011. Between 2011 and 2018, surfaces of the sections increased by 16,39% to 55,93%. This study raises too that water of the Cavally river is of average quality. It thus allowed to propose an action plan to fight against the impacts of the artisanal gold panning on the quality of water while being based on the classification carried out according to the uses.

KEYWORDS: gold panning ; water quality ; morphology ; Zouan-hounien.

RÉSUMÉ: Depuis la crise de 2002, l'orpaillage artisanal se développe sur le lit mineur et majeur du fleuve Cavally à Zouan-hounien (Côte d'Ivoire). Cette activité génératrice de revenu pour les populations se déroule sans respecter les mesures environnementales et sociales. Or l'eau du fleuve est utilisée par cette population pour des besoins alimentaires, corporels et agricoles. Cette étude vise à évaluer les impacts de l'orpaillage artisanal sur la morphologie et la qualité des eaux du fleuve Cavally. Ainsi, le traitement des images satellitaires par des logiciels de télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG), de l'analyse et du traitement, à l'aide de l'outil SEQ-Eau, des échantillons prélevés ont été utilisés. Il ressort de cette étude que les surfaces des sections du fleuve ont évolué de 5,68%, en 1986, à 16,31%, en 2011. Entre 2011 et 2018, les surfaces des sections ont augmenté de 16,39% à 55,93%. Cette étude révèle aussi que l'eau du fleuve Cavally est de qualité moyenne. Elle a donc permis de proposer un plan d'action pour lutter contre les impacts de l'orpaillage artisanal sur la qualité des eaux en s'appuyant sur la classification réalisée en fonction des usages.

MOTS-CLEFS: Orpaillage ; qualité de l'eau ; morphologie ; Zouan-hounien.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, l'exploitation de l'or contribue à 0,7% du PIB national et emploie environ 30.000 personnes [1]. Ainsi de nombreux travaux d'exploration et d'exploitation sont en cours sur l'ensemble du territoire. En effet, la Côte d'Ivoire a voulu faire de l'industrie extractive le second pilier de son économie depuis la chute des coûts des matières premières agricoles dans

les années 1980 et 1990. De ce fait, le gouvernement a revu les codes miniers afin d'encourager les industries extractives à s'installer sur l'ensemble du territoire ivoirien [2]. Malgré ces dispositions, l'exploitation de l'or rencontre des difficultés liées à l'orpaillage notamment l'orpaillage artisanal ou clandestin.

L'exploitation artisanale de l'or est une activité très lucrative dans laquelle de nombreux acteurs, intervenant à des niveaux divers et avec des rôles précis, trouvent leur compte au plan financier. Outre cette cause, le développement de l'orpaillage clandestin est dû à la mévente des produits agricoles traditionnels (cacao et café) et à l'ignorance des impacts négatifs à moyen et long terme de cette activité sur le milieu biophysique et humain par la plupart des acteurs impliqués dans la filière [3]. Dans le département de Zouan-Hounien en Côte d'Ivoire, il existe la mine d'or industrielle d'Ity depuis les années 1960. Depuis la crise, il se développe l'orpaillage artisanal sur le lit mineur et majeur du fleuve Cavally [4]. En réalité l'orpaillage artisanal n'est pas en soi une mauvaise activité car elle présente une source génératrice de revenu pour les populations. Malheureusement, elle se déroule sans respecter les mesures environnementales et sociales dans le fleuve Cavally pendant que l'eau de ce fleuve est utilisée par les mêmes populations pour des besoins alimentaires, corporelles et agricoles [2]. Dans la pratique, les technologies employées par cette activité ne sont pas adaptées [5] et les outils sont rudimentaires [3]. Vue l'importance socio-économique du fleuve Cavally tant à l'échelle locale que nationale il est donc important de préserver cette ressource. C'est ainsi que cette étude est menée dont l'objectif est d'évaluer l'influence des activités d'orpaillage artisanal sur la morphologie et la qualité de l'eau du fleuve Cavally.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CADRE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude est réalisée sur la partie du bassin versant du Cavally située entre 6,80° et 6,90° de latitude Nord et entre 8,05° et 8,13° de longitude Ouest (Figure 1). Le bassin versant du Cavally est caractérisé par une végétation de forêt dense, par un réseau hydrographique très serré [6] et par un climat de montagne avec quatre saisons dont deux saisons pluvieuses (de mars à octobre) et deux saisons sèches (de novembre à février) pour une précipitation moyenne annuelle de 1866 mm et une température moyenne annuelle est de 25,6 °C [7]. L'agriculture est la principale activité de la région. L'orpaillage clandestin fait également partie des activités économiques importantes de la région [8].

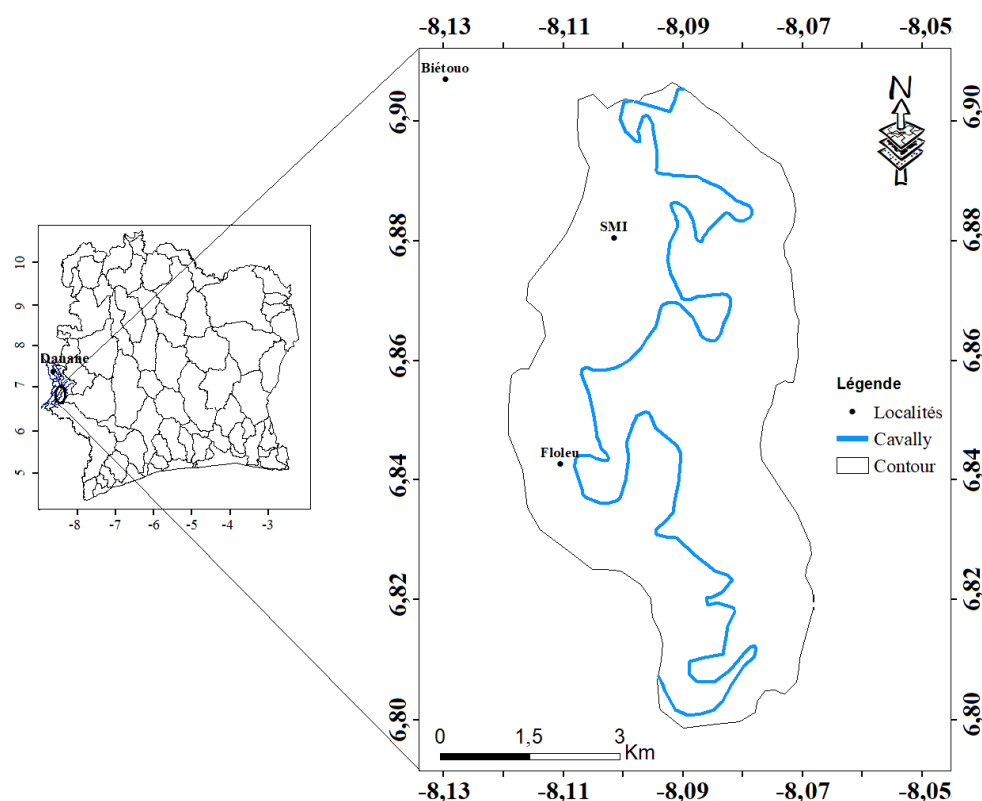


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

2.2 DYNAMIQUE DU PLAN D'EAU DU FLEUVE CAVALLY

2.2.1 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Le prétraitement appliqué aux images est la correction géométrique à l'aide du logiciel ENVI 5.3. elle consiste au référencement des images de façon à ce qu'en tout point de l'image il soit possible d'avoir la position en coordonnée dans un système de référence [9]. L'image de 2018 a été utilisée car elle a subi des corrections atmosphérique et géométrique de la part du fournisseur [10].

2.2.2 TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Le traitement des images a consisté à faire des compositions colorées des différentes images de 1986, 2011 et 2018 permettant de distinguer les différents objets au sol. Les contours du plan d'eau de chaque année sont ensuite vectorisés et validés. Une fois traitées ces images sont exportées dans ArcGIS pour être vectorisées.

Les vectorisations des contours de 2011 et de 2018 ont été ensuite respectivement contrôlées avec l'ortho image de 2012 et l'image Google earth de 2018 pour des écarts inférieurs à 5%. L'opération de vérification a nécessité dix points de contrôle répertoriés sur les images vectorisées de 2011 et de 2018 et par la suite repérés sur les supports de vérification (Ortho image et image Google earth). Ces images ont servi de base de vérification de celle de 1986. Tout ceci a été confirmé par une visite de terrain.

2.2.3 CALCUL DES SURFACES DES SECTIONS

Après la validation de la carte des contours, des sections ont été définies afin d'évaluer la zone la plus perturbée par le phénomène d'orpaillage artisanal. Au total cinq sections ont été définies sur la portion du cours d'eau : une section (section 1) en amont de la zone d'étude ; trois sections (section 2, section 3 et section 4) dans la zone d'étude ; une section (section 5) en aval de la zone d'étude (Figure 2). La surface du cours d'eau de chaque section est déterminée.

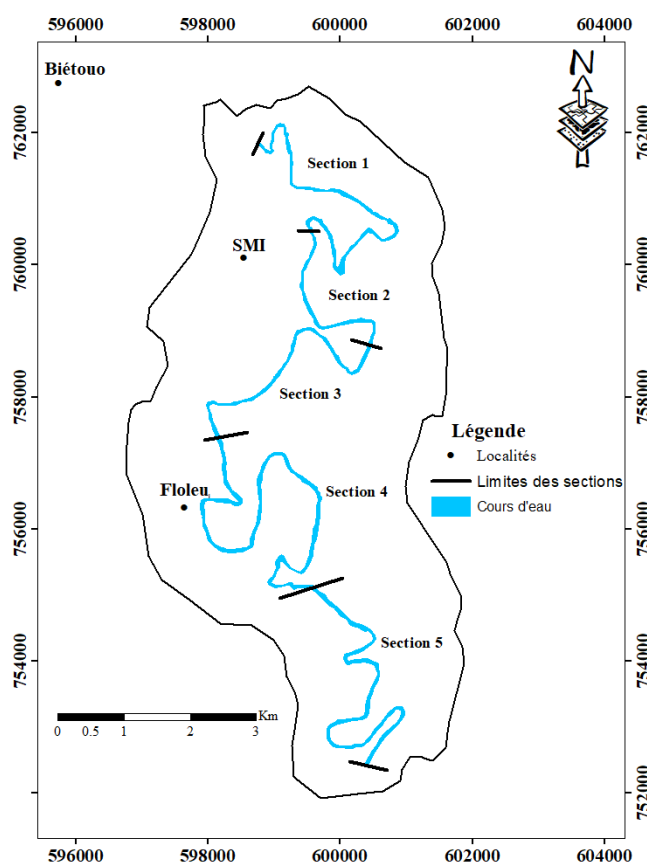


Fig. 2. Sections définies dans le cours d'eau de la zone d'étude

2.3 EVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

2.3.1 CHOIX DES STATIONS

Les stations choisies sont le reflet de biotopes différents. Il s'agit des lieux d'échanges d'eau entre le fleuve, les affluents et des zones d'implantation d'activités humaines (habitations, orpaillage, plantations, infrastructures d'exploitation de gisement, etc.) [11]. La station S7, à Danané, est utilisée comme station de référence car l'activité d'orpaillage n'y est pas constatée.

2.3.2 PRÉLÈVEMENTS DES ÉCHANTILLONS D'EAU

La campagne de prélèvement est effectuée aux stations préalablement sélectionnées. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène initialement lavées à l'acide nitrique puis à l'eau distillée. Avant de remplir les bouteilles, elles sont rincées avec l'eau à prélever. La bouteille tenue à l'aide d'une main est plongée dans l'eau jusqu'à 20 cm de profondeur, le goulot dirigé à contre-courant, selon les recommandations de [12]. La bouteille remplie à ras-bord est retirée du plan d'eau et fermée hermétiquement à l'aide d'un bouchon afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Pour éviter le mélange des échantillons d'eau, une codification a été faite. Les échantillons d'eau sont ensuite transportés dans une glacière, où la température est maintenue à 4°C, au laboratoire pour être analysé. La température, la conductivité et le pH ont été mesurés *in situ* à l'aide de la sonde du multi paramètre, de marque HANNA-HI9820. L'étalonnage de l'appareil a été effectué au laboratoire avant l'embarcation sur le terrain. L'analyse au laboratoire des sels nutritifs et des paramètres microbiologiques sont effectuées selon les méthodes indiquées dans les tableaux I et II.

Tableau 1. Méthode d'analyse des sels nutritifs

Paramètres	Méthode	Éléments du principe
Nitrates	ISO 7890-3	Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique.
Orthophosphates	NF EN ISO 6878	Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium.

Tableau 2. Méthode d'analyse microbiologique

Paramètres	Méthode	Éléments du principe
Bactéries Coliformes	NF EN ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane.
<i>E. Coli</i>		
Entérocoques Intestinaux	NF EN ISO 7899-2	Méthode par filtration sur membrane.
<i>Salmonella spp</i>	NF EN ISO 19250	Recherche de salmonella

2.3.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

L'outil SEQ-Eau est un outil performant servant à résumer un grand nombre de données complexes sur la qualité de l'eau en un message facile à comprendre par le public et les gestionnaires de la ressource en eau [13]. Dans ce système, les concentrations des différents paramètres sont converties en sous indices à l'aide de formule mathématique pour produire l'indice final qui renseigne sur la qualité des eaux [14]. Pour ce faire, l'indice de qualité pondéré de chaque paramètre est calculé par la formule mathématique proposée [15] (équation 1). La transformation des valeurs des concentrations en indice permet ainsi de combiner les paramètres en altération. L'indice d'une altération s'obtient par la moyenne des valeurs pondérées des paramètres caractérisant ladite altération. Il varie de 0 à 100 et les mêmes codes de couleurs sont appliqués. L'indice de qualité de l'eau est l'indice le plus faible obtenu pour l'ensemble des altérations considérées.

$$IP_{pa} = I_i + [I_s - I_i / bs - bi] * (bs - pa) \quad (\text{Éq 1});$$

IP_{pa} : indice pondéré du paramètre analysé ; I_i : Indice inférieur ; I_s : Indice supérieur, bi : borne inférieure ; bs : borne supérieure et pa : paramètre analysé.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 MORPHOLOGIE DU LIT DU COURS D'EAU

La dynamique de la morphologie de la portion du fleuve étudiée montre un élargissement de son lit en certains endroits entre 1986 à 2018 (Figure 3).

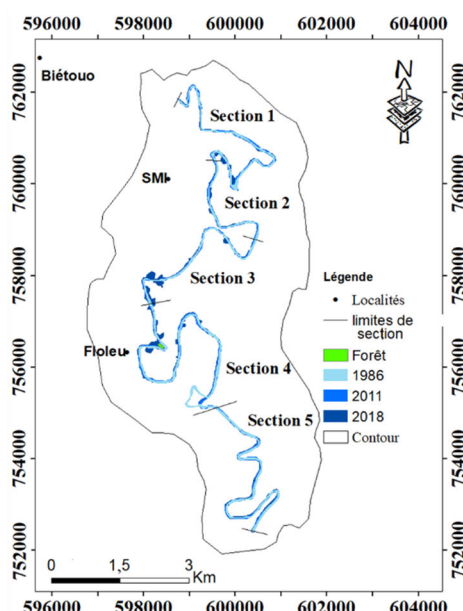


Fig. 3. Carte du suivi interannuel du lit du cours d'eau du fleuve Cavally

Cet élargissement du lit du cours d'eau est plus remarqué dans les sections 3 et 4. Sur les figures 4 et 5 On remarque que l'élargissement du cours d'eau est plus important entre 2011 et 2018.

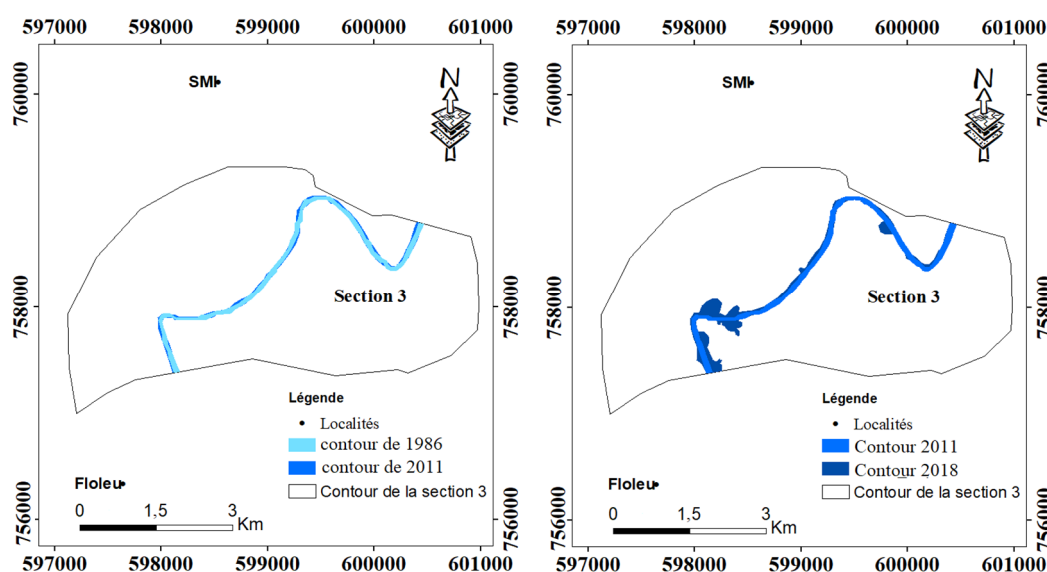


Fig. 4. Evolution du lit du cours d'eau à la section 3

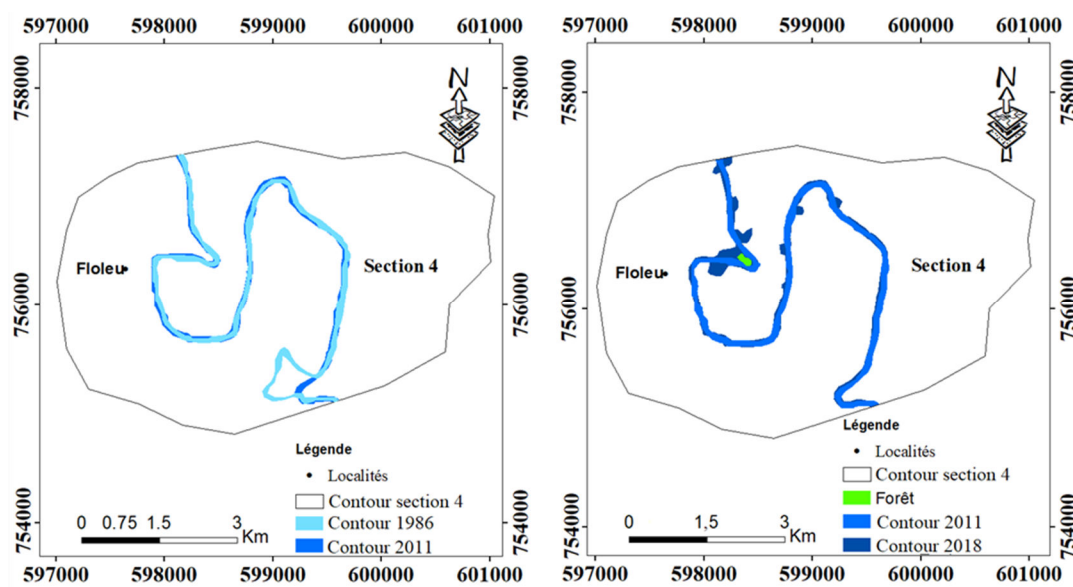


Fig. 5. Evolution du lit cours d'eau à la section 4

3.1.2 EVOLUTION DES SURFACES DU COURS D'EAU

De 1986 à 2011, les surfaces des sections ont évolué de 5,68 à 16,31%. Les sections 2 et 3 ont une évolution surfacique supérieure à 10% qui sont respectivement 16,31% et 13,70%. Entre 2011 et 2018, les surfaces des sections varient entre 12,47% et 55,93%. Les taux d'élargissement des sections 1 et 5, respectivement 16,39% et de 12,47%, sont les plus faibles tandis que le taux de la section 4 (55,93%) est le plus élevé (Tableau 3).

Tableau 3. Récapitulatif des surfaces des sections

		Surface en km ²			Augmentation	
		1986	2011	2018	1986 - 2011	2011 – 2018
Amont	Section 1	0,30	0,31	0,37	6,60%	16,39%
Zone d'étude	Section 2	0,11	0,13	0,16	16,31%	22,62%
	Section 3	0,17	0,20	0,31	13,70%	55,93%
	Section 4	0,39	0,41	0,51	5,68%	25,42%
Aval	Section 5	0,30	0,32	0,36	6,26%	12,47%

3.1.3 ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les valeurs de conductivité, oxygène dissous, pH, nitrate, nitrites, nitrates et ammonium ont des concentrations inférieures à la valeur guide de l'OMS pour la potabilité des eaux de boisson fixée (figure 6). Celles de la température et de l'orthophosphate sont supérieures à la valeur de l'OMS. Les valeurs de températures, conductivités, oxygène dissous, pH et ammonium obtenues attestent de la mauvaise qualité de l'eau selon la norme OMS.

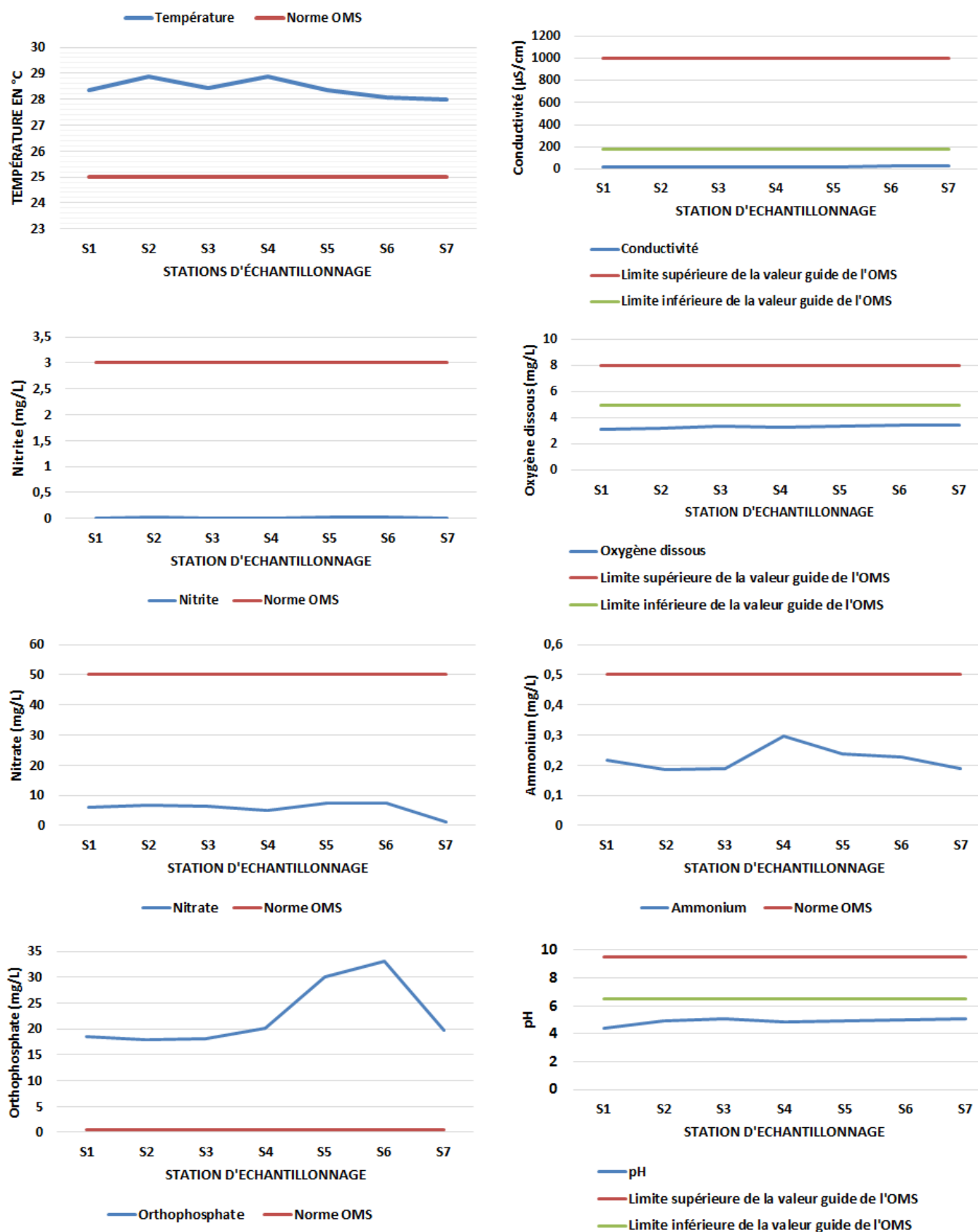


Fig. 6. Comparaison des paramètres physico-chimiques du fleuve à la norme OMS

3.1.3.1 ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU PAR L'OUTIL SEQ-EAU

ALTÉRATIONS DE LA FONCTION BIOLOGIQUE

Les qualités des altérations varient d'excellente à mauvaise (Figure 7). L'altération « Effets des proliférations végétale » est d'excellente qualité à toutes les stations. L'altération « Matières phosphorées » est le plus déclassant. Ces indices varient entre 16,87 et 18,38. Les indices de qualité de la station de référence (S7) sont supérieurs aux indices de qualité des autres stations pour les altérations « Matières organiques et oxydables », « Matières azotées », « Nitrates » et « Particules en suspension ».

Tableau 4. Qualité des altérations de la fonction biologique du fleuve Cavally

Stations	MOO	MA	Nitrates	MP	EPV	MES	T°	Acidification	PEB
S1	42,64	84,10	79,58	18,33	96,95	84,56	19,11	19,11	96,00
S2	43,29	82,16	79,54	18,38	95,15	85,18	21,56	21,56	100,00
S3	45,41	84,75	79,57	18,36	94,79	83,44	22,04	22,04	79,11
S4	42,44	80,72	79,71	18,16	95,38	76,42	21,31	21,31	100,00
S5	44,56	76,45	79,43	17,16	95,11	60,47	21,64	21,64	100,00
S6	45,87	76,74	79,43	16,87	94,88	57,28	21,93	21,93	100,00
S7	50,51	90,13	88,00	18,20	94,79	90,49	22,15	22,15	97,98

Excellente qualité Bonne qualité Qualité moyenne

Mauvaise qualité Très mauvaise qualité MES : PEB :
MOO : MA : MP : EPV :

3.1.3.2 ALTÉRATIONS DE L'USAGE EAU POTABLE

Selon la figure 8 l'altération « Minéralisation » est le plus déclassant. Les indices de cette altération sont compris entre 20,76 et 35,32. Les altérations « effets des proliférations végétales », « Nitrates » et « pesticides sur eau brute » sont d'excellente qualité dans toutes les stations. On constate une dominance de l'indice de qualité des altérations « Particules en suspension » et « Minéralisation » à la station S7.

Stations	Matière organiques et oxydables	Nitrates	Effets des proliférations végétales	Particules en suspension	Acidification	Minéralisation	Pesticides sur eau brute	Micro-organismes
S1	47,89	97,52	92,56	73,20	63,11	20,76	99,80	100,00
S2	48,28	97,36	92,65	73,55	64,29	21,00	100,00	100,00
S3	49,77	97,48	97,12	72,55	64,58	21,95	98,60	100,00
S4	47,63	98,04	92,29	69,12	64,13	21,25	100,00	100,00
S5	49,19	96,96	92,07	67,38	64,33	21,80	100,00	74,53
S6	50,13	96,96	97,14	67,06	64,51	22,33	100,00	100,00
S7	50,63	99,52	96,88	86,45	64,64	35,32	99,70	71,25
		Excellente qualité			Bonne qualité			Qualité moyenne
		Mauvaise qualité			Très mauvaise qualité			

Fig. 7. Qualité des altérations de l'usage production d'eau potable du fleuve Cavally

3.1.3.3 QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE GLOBALE FLEUVE CAVALLY

La qualité physico-chimique de l'eau des stations de mesure sont de qualité moyenne (Figure 9). Les indices de qualité de l'eau varient de 40,21 à 50,00. Les indices de qualité obtenus aux stations situées dans la zone d'étude sont inférieurs à celle de la station de référence S7 (58,97%).

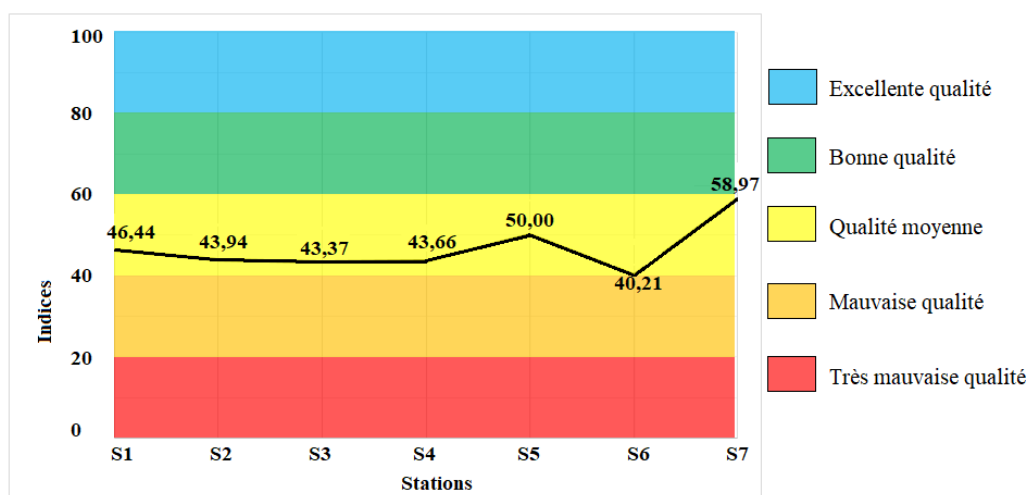


Fig. 8. Qualité physico chimique globale de l'eau du fleuve Cavally

3.2 DISCUSSION

Cette étude s'est intéressée aux méfaits de la pratique des activités d'orpaillage artisanal sur la morphologie du cours d'eau. Les conséquences de l'orpaillage artisanal sont plus accentuées dans la zone située entre le périmètre d'exploitation de la Société des Mines d'Ity (SMI) et le village Floleu. Sur cette portion du fleuve, l'activité d'orpaillage clandestin est menée intensément aussi bien dans le lit mineur que sur les berges. Elle pourrait être à l'origine de la déformation du lit du cours d'eau comme le justifie [16], [5], [17]. Ces auteurs qui ont menés des études semblables à Bounkani en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso affirment l'activité d'orpaillage clandestine fragilise les sols, détruit progressive des terres arables, déstabilise des berges et prédispose le sol à des processus d'érosion souvent intenses. En effet, l'exploitation artisanale de l'or s'accompagne en général d'ouverture de tranchées, de puits, du grattage et du retournement des sols.

La température élevée de l'eau pourrait s'expliquer par les perturbations du climat. L'acidité de l'eau constatée aux stations s'explique par l'exposition du plan d'eau à l'atmosphère occasionnée par les activités d'orpaillage clandestines comme le soutient [16]. Il stipule que les orpailleurs clandestins détruisent la forêt qui borde de la rivière pour en faire des bois de chauffe et des matériaux de construction lors de leur passage. Or, la disparition du couvert végétal expose le plan d'eau au rayonnement solaire. [18] et [13] démontrent dans une étude menée sur les eaux de surface de la région d'Adiaké et de Bonoua, que l'acidité de l'eau en zone tropicale humide est due au dioxyde de carbone dissous provenant soit de l'atmosphère, soit des réactions métaboliques des microorganismes et des matières organiques contenues dans l'eau. Aussi, les concentrations de particule en suspension et des matières phosphorées dans l'eau sont élevées dans le fleuve Cavally. Ces résultats sont similaires à ceux de [8] qui a effectué des analyses physico-chimiques sur la même portion du cours d'eau. Ces résultats pourraient s'expliquer par les rejets de produits et de boues dans le cours d'eau par les orpailleurs clandestins. [17] soutiennent cette affirmation car ils constatèrent lors d'une étude visant à mettre en évidence les effets de la pratique de l'orpaillage en milieu rural à Bounkani (Côte d'Ivoire) que les orpailleurs clandestins déversent du carburant des entretiens des équipements et rejettent les boues extraites dans le fond du fleuve dans le cours d'eau.

4 CONCLUSION

Dans la présente recherche, il était question de mettre en exergue l'effet de la pratique de l'orpaillage artisanal sur l'environnement. Ainsi, l'étude a permis de montrer que le déroulement de l'orpaillage contribue à l'élargissement du lit mineur et majeur du cours d'eau. Ce constat est principalement remarqué lorsque cette activité est intense. Aussi impact elle la qualité de l'eau du fleuve dont les valeurs des paramètres physico-chimique ne respecte pas les normes de l'OMS. Elle rend aussi l'eau difficile à la consommation et au développement de la faune aquatique. Cette étude a permis de proposer un plan d'action pour lutter contre les impacts des activités d'orpaillage artisanal sur la qualité des eaux en s'appuyant sur la classification réalisée en fonction des usages de l'eau du fleuve Cavally

REFERENCES

- [1] Chambre de Commerce et d'Industrie de Côte d'Ivoire (CCI), 2013, les mines en bref, rapport d'activité, 2 p.
- [2] Koffi Y. B., Ahoussi K. E., Kouassi A. M. & Biemi J. (2014). Ressources minières, pétrolières et gazières de la Côte d'Ivoire et problématique de la pollution des ressources en eau et des inondations, *Geo-Eco-Trop*, 38 (1) : 119-136.
- [3] Goh D. (2016). L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'Ivoire : la persistance d'une activité illégale, *European Scientific Journal*, 12(3) : 18-36.
- [4] Brou L. A., Kouassi K. L., Konan K. S., Kouadio Z. A., Konan K. F., Kamagate B., 2017. Rain-flow modeling using a multi-layer artificial neural network on the watershed of the Cavally River (Côte d'Ivoire, *Journal of Water Resource and Protection*, 9 (12): 1403-1413.
- [5] Bamba O., Pelede S., Sako A., Kagambega N., Miningou M. Y. W. (2013). Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso, *Journal des Sciences*, 13 (1) : 1-11
- [6] Vo Q. T. (1969). Etude générale de la région de man, Rapport de synthèse agricole, Bureau pour le développement de la production agricole (B. O. P. A.), 433 p.
- [7] Oka K. J. H. (2017). Evaluation des impacts des activités minières sur la qualité des eaux du fleuve Cavally dans le périmètre d'exploitation de la SMI (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire), Mémoire de master en Génie de l'Eau et de l'Environnement, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 47 p.
- [8] Zénobe D. E. (2010). Exploitation industrielle des gisements d'or et dynamique spatiale du terroir d'Ity dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Une étude à base de la télédétection. RGLL, 8 : 170-172.
- [9] Padonou M. N. & Sarr P. (2009). Contribution de la télédétection et du système d'information Géographique (SIG) à l'amélioration de la gestion des eaux de surface dans un bassin versant : cas du barrage de Mogtedo au Burkina Faso, Journée d'animation Scientifique de l'AUF, 12-15 février 2009, Alger, Algérie : 127-133.
- [10] Sallemi M. (2013). Cartographie de l'occupation du sol : Guide Pratique, Observatoire du Sahara et du Sahel, 28 p.
- [11] Konan K. S. (2015). Rapport d'étude : analyses physico-chimique, chimique et bactériologiques, EIES du projet de construction d'infrastructures reliées à l'exploitation des gisements de Gbeitou, Walter, Zia Nord-Est, Ity, Tontouo Et Daapleu, Développement Durable consulting Afrique, 14 p.
- [12] Rodier J. (1984). L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eau résiduelle, eau de mer), 7 ème Edition, Dunod, Paris, France. 177 p.
- [13] Tohouiri P., Adja G. M., Soro G., Ake E. G., Konan I. N. & Biemi J. (2017). Qualité physico-chimique en saison pluvieuse des eaux de surface de la région de bonoua (sud-est de la côte d'ivoire), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20 (1) : 28-41.
- [14] Belhaj H. & Kettani K. (2013). Evaluation de la qualité physico-chimique de l'Oued Martil (Rif Occidental, Maroc), *Gestion et Protection de l'Environnement Proceedings* G-ENVIRON-5, 3 : 31-38.
- [15] S.E.E.E. (2008). Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux, fiche méthodologique, 5 p.
- [16] Maradan D., Ouedraogo B., Thiombiano N., Thiombiano T., Zein K. (2011). Analyse économique du secteur des mines liens pauvreté et environnement. sba-Ecosys-CEDRES. Rapport MECV Burkina Faso- mai 2011, 69 p.
- [17] Affessi A. S., Koffi K. G. J.-C. & Sangare M. (2016). Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani (Cote d'Ivoire), *European Scientific Journal*, 12 (26) : 288-306.
- [18] Eblin S. G., Sombo A. P., Soro G., Aka N., Kambiré O. & Soro N. (2014). Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, 75 : 6259-6271

Facteurs associés à l'insomnie et à la somnolence : Une enquête en milieu scolaire

[Factors associated with insomnia and drowsiness : A school survey]

Fatoumata BA¹, Khourédia Ndiaye Sy², El Hadji Makhtar BA², Mbayang Ndiaye², and Roger Clément Kouly Tine³

¹Laboratoire de Physiologie, UFR des Sciences de la santé, Université Gaston Berger de Saint-Louis, Senegal

²Service de Psychiatrie, Centre Hospitalier National Universitaire de Fann, Senegal

³Faculté de Médecine, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal

Copyright © 2020 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: Sleep disturbances, particularly insomnia, are common in school settings for adolescents. They affect the physical and mental balance with multiple consequences: various pain, fatigue, errors, reduced academic performance, drowsiness in class, repeated absences etc. We conducted a cross-sectional study using a questionnaire and the Epworth sleepiness scale with students from schools in the department of Thiès. The prevalence of insomnia was 21%, with a female prevalence. The average duration of sleep was 8.72 ± 1.1 hours with a variation according to the holidays, the days with or without class the next day. Risk factors are found, in particular living with a tutor other than the parents, the distance of the school from his place of residence, and the morning lesson schedules. Insomnia is significantly associated with sleep debt and excessive daytime sleepiness.

KEYWORDS: factors, insomnia, drowsiness, school survey.

1 INTRODUCTION

Le sommeil est caractérisé par une perte de conscience réversible, une diminution de l'activité sensorielle et un repos musculaire [1]. Il occupe une place importante dans l'équilibre physique et psychologique à toutes les étapes de la vie. Selon l'Institut National du Sommeil et de la Vigilance (INSV), les besoins de sommeil à la puberté sont estimés à 9-10 heures. Ce chiffre varie selon les individus. Les modifications physiologiques et environnementales chez les adolescents influent sur le rythme veille-sommeil.

Les troubles du sommeil sont fréquents, dominés par l'insomnie [2]. Des études récentes ont retrouvé une forte prévalence de l'insomnie dans la population générale entre 10 et 20% [1], [3]. Quel que soit l'âge, les femmes étaient plus souvent insomniaques que les hommes [4]. En 2012, en France métropolitaine, 34,3% de la population présentaient des symptômes d'insomnie [5]. Des études ont montré une augmentation de l'insomnie avec l'âge et une réduction du temps de sommeil d'une heure par 24 heures, par rapport à nos besoins quotidiens [1], [3], [6].

L'objectif de ce travail était d'évaluer le sommeil des élèves, de déterminer la prévalence de l'insomnie et ses répercussions sur les performances scolaires.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 POPULATION

Une étude transversale descriptive à visée analytique a été menée auprès des élèves des établissements publics du département de Thiès, de novembre 2016 à janvier 2017. Nous avons obtenu l'approbation des autorités locales, en charge de l'éducation et de la formation. L'inspection d'académie nous a informé sur le nombre d'écoles que compte le département ainsi que les effectifs par établissement. Nous avons alors effectué un échantillonnage à 3 degrés proportionnel à la population d'élèves cibles, avec une précision souhaitée de 5% et une erreur réduite de 1,96. Après calcul, la taille de l'échantillon était de 423 élèves. Le protocole de l'étude a été approuvé par le comité d'éthique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et tous les participants ont signé une fiche de consentement. Le seul critère d'exclusion était le refus de participer à l'étude.

2.2 INSTRUMENTS DE L'ÉTUDE

Un questionnaire d'évaluation du sommeil et l'échelle de somnolence d'Epworth ont été administrés aux participants. Les données recueillies étaient les caractéristiques sociodémographiques, les horaires de sommeil, les perturbations au cours du sommeil, les difficultés liées au manque de sommeil, les antécédents familiaux et personnels de troubles du sommeil, les répercussions des troubles du sommeil sur le fonctionnement social et professionnel.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Nous avons fait d'abord une analyse descriptive des données. Pour les variables qualitatives, les fréquences étaient calculées et pour les variables quantitatives, les paramètres de position et de dispersions. Puis, nous avons fait une analyse univariée et bivariée. La comparaison des fréquences était faite avec le test du Chi² ou de Fisher avec une significativité à $p < 0,05$. La comparaison des moyennes était faite à l'aide du test de Student. Les critères de définition de l'insomnie, dans notre étude, sont :

- Avoir des difficultés à s'endormir de plus de 30 minutes ;
- Se réveiller plus de 3 fois la nuit ou de façon précoce et avec difficultés à se rendormir ;
- Les deux situations sont associées à une sensation d'avoir mal dormi au réveil.

3 RÉSULTATS

Sur 423 questionnaires administrés, 419 étaient exploitables.

3.1 RÉSULTATS DESCRIPTIFS

3.1.1 LES CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES ÉLÈVES

L'âge moyen des élèves était de 15,7 ($\pm 2,5$) ans avec des extrêmes de 11 et 21 ans. Le mode et la médiane étaient respectivement de 16 et 15. La moitié des élèves ($n=209$) appartenait à la tranche d'âge [11-15]. Les filles étaient plus nombreuses (64%). La quasi-totalité des élèves était célibataire, seuls 2 étaient mariés. Ils habitaient essentiellement avec leurs parents (79,7%). Dans le cycle moyen, les élèves de la 3^{ème} étaient plus nombreux que les autres. Dans le cycle secondaire il y avait une prédominance des élèves de la terminale. Le tableau 1 indique les caractéristiques sociodémographiques des élèves.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des élèves

		Fréquence absolue (n)	Fréquence relative (%)
Age (ans)	[11 - 15]	209	50
	[16 - 20]	193	46,4
	>21	17	3,6
Genre	Masculin	151	36
	Féminin	268	64
Statut matrimonial	Marié	2	0,4
	Célibataire	417	99,6
Habitation	Parents	334	79,7
	Tuteur	85	20,3
Redoublement	Oui	122	29,1
	Non	297	70,9
Niveau d'étude	Sixième	61	14,6
	Cinquième	70	16,7
	Quatrième	109	26
	Troisième	99	23,6
	Seconde	8	1,9
	Première	6	1,4
	Terminale	56	13,4
	Non renseigné	10	2,4

3.1.2 LES CARACTÉRISTIQUES DU SOMMEIL DES ÉLÈVES

En fonction des heures habituelles de coucher et de lever, la durée moyenne du sommeil était de 8,7 heures lors de jours avec classe le lendemain. Elle augmentait d'une heure les weekends et les vacances. Les élèves avaient aussi évalué de manière subjective leur temps de sommeil nécessaire, avec une moyenne de 10,1 ($\pm 2,7$) heures et des extrêmes de 1 et 18 heures. La médiane était de 10 heures. Les tableaux 2 et 3 indiquent respectivement la durée et les caractéristiques du sommeil chez les élèves.

Tableau 2. Durée du sommeil chez les élèves

	Moyenne (heure)	Ecart type
Classe le lendemain	8,72	1,1
Weekends	9,78	1,5
Vacances	9,71	1,6
Heure idéale selon la personne	10,1	2,7

Tableau 3. Caractéristiques du sommeil des élèves

		Fréquence absolue (n)	Fréquence relative (%)
Echelle de somnolence d'Epworth	Normale (0-8)	296	70,6
	Dettes sommeil (9-14)	94	22,4
	Somnolence Diurne (> 15)	29	7
Couche tôt (avant 22h)	Oui	302	72,1
	Non	117	27,9
Durée du sommeil	≤ 5heures	1	0,2
	6h-7h	49	11,7
	8h-9h	258	61,6
	≥ 10heures	111	26,5
Endormissement > 30 min	Jamais	105	25
	Rarement	132	31,5
	Souvent	177	42,3
	Non renseigné	5	1,2
Réveils nocturnes ≥ 3 fois par nuit	Jamais	115	27,4
	Rarement	254	60,6
	Souvent	47	11,3
	Non renseigné	3	0,7
Réveils précoces avec difficultés à se rendormi	Jamais	207	49,40
	Rarement	142	33,89
	Souvent	70	16,71
Mauvaise qualité du sommeil	Oui	243	58
	Non	166	39,6
	Non renseigné	10	2,4

3.2 RÉSULTATS ANALYTIQUES

L'insomnie était retrouvée chez 21% des élèves et plus fréquente chez les filles que chez les garçons, avec des prévalences respectives de 23,9% et 16,1%, sans différence statistiquement significative $p=0,062$. Les élèves vivant avec des tuteurs avaient un risque multiplié par 2 d'avoir une insomnie par rapport aux autres ($p < 0,05$). L'insomnie était notée chez les élèves présentant une dette de sommeil et une somnolence diurne excessive (SDE) avec des prévalences de 27,7% et 34,5%. Le risque était multiplié par 2 pour les deux cas ($p < 0,05$). Concernant la durée du sommeil et l'insomnie, les élèves qui dormaient moins de 7 heures avaient 2 fois plus de risque d'avoir une insomnie que ceux dormant entre 8 et 10 heures ($p < 0,05$). Le Tableau 4 indique l'insomnie selon les caractéristiques sociodémographiques et les heures de sommeil chez les élèves.

Tableau 4. *Insomnie selon les caractéristiques sociodémographiques et les heures de sommeil chez les élèves*

	Insomnie		Total	P	OR [IC à 95%]
	Oui n (%)	Non n (%)			
Genre					
Masculin	25 (16,1)	126 (83,9)	151	0,062	0,7 [0,4-1,1] 1
Féminin	64 (23,9)	204 (76,1)	268		
Statut matrimonial					
Marié	01 (50,0)	01 (50,0)	02	0,312	4,0 [0,2-65,3] 1
Célibataire	86 (20,7)	331 (79,3)	417		
Logement					
Parent	65 (19,4)	269 (80,6)	334	0,015	1 1,9 [1,1-3,3]
Tuteur	26 (30,6)	59 (69,4)	85		
Redoublement					
Oui	36 (29,6)	86 (70,4)	122	0,159	1,4 [0,8-2,4] 1
Non	59 (19,9)	238 (80,1)	297		
Echelle d'Epworth					
Normal	52 (17,6)	244 (82,4)	296		1
Dette	26 (27,7)	68 (72,3)	94	0,033	1,8 [1,0-3,1]
SDE	10 (34,5)	19 (65,5)	29	0,026	2,5 [1,1-5,6]
Durée du sommeil					
≤5 heures	01 (100,0)	00 (0,0)	1	0,048	Ind
6-7 heures	18 (36,7)	31 (63,3)	49	0,022	2,34 [1,15-4,94]
8-9 heures	47 (18,2)	211 (81,8)	258	0,717	0,9 [0,5-1,6]
≥10 heures	22 (19,8)	89 (80,2)	111		1

L'insomnie touchait de façon significative 50% des élèves absenteïstes contre 19,1% qui s'absentaient rarement ($p < 0,05$). Les élèves qui s'absentaient souvent avaient 5 fois plus de risque de présenter une insomnie par rapport aux autres. Les « dormeurs » en classe (40%) avaient 3 fois plus de risque d'avoir une insomnie comparée (33,3%) à ceux qui dormaient rarement en classe (18,6%), la différence étant statistiquement significative. Certains d'entre eux avaient du mal à préparer correctement leur devoir. Une baisse des résultats scolaires était plus observée, de façon significative, chez les insomniaques que chez les non insomniaques (27,2% contre 16,7%, $p < 0,05$). Des erreurs récurrentes lors des évaluations étaient notées chez 37,7% des élèves insomniaques et le risque d'insomnie 3 fois plus élevé en cas d'erreurs. Les sujets, ayant eu des accidents domestiques, se plaignaient d'insomnie dans 33,9% des cas contre 18,8% chez ceux qui faisaient rarement des accidents domestiques. Cette différence était statistiquement significative $p < 0,05$ avec un risque multiplié par 2. Le tableau 5 représente les répercussions socio-éducatives de l'insomnie.

Tableau 5. Répercussions de l'insomnie

	Insomnie		Total	P	OR [IC à 95%]
	Oui n (%)	Non n (%)			
Répercussions sociales					
Absences					
Jamais / rarement	79 (19,7)	322 (80,3)	401	0,004	0,2 [0,1-0,6]
Souvent	09 (50,0)	09 (50,0)	18		
Dormir en classe					
Jamais / rarement	74 (19,2)	311(80,8)	385	0,006	0,3 [0,2-0,7]
Souvent	12 (40,0)	18 (60,0)	30		
Préparation correcte devoir					
Oui	65 (18,6)	285 (81,4)	350	0,006	0,4 [0,2-0,8]
Non	22 (33,3)	44 (66,7)	66		
Difficultés à suivre					
Oui	50 (22,1)	176 (77,9)	226	0,636	1,1 [0,6-1,8]
Non	38 (20,2)	150 (79,8)	188		
Baisse résultats scolaires					
Oui	48 (27,2)	129 (72,8)	177	0,009	1,8 [1,1-2,9]
Non	40 (16,7)	200 (83,3)	240		
Erreur en classe					
Jamais / rarement	68 (18,7)	296 (81,3)	364	0,001	0,3 [0,2-0,7]
Souvent	20 (37,7)	33 (62,3)	53		
Bonnes relations avec camarades					
Jamais / rarement	61 (21,9)	218 (78,1)	279	0,564	1,1 [0,6-1,9]
Souvent	27 (19,4)	112 (80,6)	139		
Bonne relation avec professeurs					
Oui	66 (19,2)	278 (80,1)	344	0,03	0,5 [0,3-0,9]
Non	22 (30,1)	51 (69,9)	73		
Accidents circulation					
Jamais / rarement/ Souvent	84 (20,7) 2(28,6)	321 (79,3) 5 (71,4)	405 7	0,639	0,6 [0,1-3,4]
Accidents domestiques					
Jamais / rarement/ Souvent	67 (18,8) 21(33,9)	290 (81,2) 41 (66,1)	357 62	0,007	0,5 [0,2-0,8]

L'insomnie était liée à des troubles somatiques avec des différences statistiquement significatives $p < 0,05$. Les élèves présentant des vertiges avaient 2 fois plus de risque d'avoir une insomnie, de même que ceux qui se plaignaient souvent de fatigue. Le risque d'insomnie était multiplié par 2 chez les élèves qui avaient une dette de sommeil et par 2,5 chez ceux qui présentaient une somnolence diurne (Tableau 6).

Tableau 6. Conséquences physiques de l'insomnie chez les élèves

	Insomnie		Total	P	OR [IC à 95%]
	Oui n (%)	Non n (%)			
Maux de tête					
Oui	73 (22,7)	248 (77,3)	321	0,113	1,6 [0,8-3,0]
Non	15 (15,31)	83 (84,7)	98		
Vertiges					
Oui	53 (28,5)	133 (71,5)	186	0,000	2,2 [1,3-3,6] 1
Non	35 (15,0)	198 (85,0)	233		
Courbatures					
Oui	57 (24,1)	179 (75,8)	236	0,072	1,5 [0,9-2,5] 1
Non	31 (16,9)	152 (83,1)	183		
Fatigue chronique					
Oui	51 (27,0)	138 (73,0)	189	0,006	1,9 [1,2-3,1] 1
Non	37 (16,1)	193 (83,9)	230		
Irritabilité					
Oui	39 (25,2)	116 (74,8)	155	0,109	1,4 [0,9-2,3] 1
Non	49 (18,7)	215 (81,4)	264		
Trouble concentration					
Oui	61 (20,9)	231 (79,1)	292	0,932	0,9 [0,5-1,6] 1
Non	27 (21,3)	100 (78,7)	127		
Oublis fréquents					
Oui	41 (23,8)	131 (76,5)	172	0,234	1,3 [0,8-2,1] 1
Non	47 (19,0)	200 (81,0)	247		
Baisse capacités intellectuelles					
Oui	32 (19,7)	130 (80,2)	162	0,618	0,8 [0,5-1,4] 1
Non	56 (21,8)	201 (78,2)	257		
Echelle Epworth					
Normal	52 (17,6)	244 (82,4)	296	-	1
Dette	26 (27,6)	68 (72,3)	94	0,03	1,7 [1,1-3,1]
SDE	10 (34,5)	19 (65,5)	29	0,02	2,5 [1,1-5,6]

L'usage de café, de thé, d'alcool et des somnifères n'avait pas de lien statistiquement significatif avec la survenue d'une insomnie. Toutefois la prévalence de l'insomnie était plus fréquente chez les usagers. La sieste et la pratique sportive n'avaient pas d'incidence directe sur la survenue d'une insomnie.

Tableau 7. *Insomnie et stratégies adaptatives chez les élèves*

	Insomnie		Total	P	OR [IC à 95%]
	Oui n (%)	Non n (%)			
Stratégies adaptatives					
Café					
Oui	60 (22,2)	210 (77,8)	270	0,409	1,2 [0,7-2,0] 1
Non	28 (18,8)	121 (81,2)	149		
Tabac					
Oui	02 (33,3)	04 (66,7)	6	0,610	1,9 [0,3-10,5] 1
Non	86 (20,8)	327 (79,2)	413		
Alcool					
Oui	00 (00,0)	03 (100,0)	3	1,000	Ind 1
Non	88 (52,6)	328 (47,4)	416		
Somnifères					
Oui	06 (31,6)	13 (68,4)	19	0,252	1,7 [0,6-4,8] 1
Non	82 (20,5)	318 (79,5)	400		
Pratiques sportives					
Oui	79 (20,4)	309 (79,6)	388	0,254	0,6 [0,2-1,4] 1
Non	09 (29,0)	22 (71,0)	31		
Sieste					
Oui	56 (21,8)	201 (78,2)	257	0,577	1,1 [0,7-1,8] 1
Non	30 (19,5)	124 (80,5)	154		

4 DISCUSSION

La prévalence de l'insomnie était de 21% dans notre étude. Se basant sur la définition de l'insomnie selon le DSM-V [7] ou l'ICSD [8], des taux de prévalence variables sont notés, avec une estimation en population générale entre 7 et 21% [9]. En 2000, la prévalence de l'insomnie en France était de 19 % [10]. Les taux de prévalence obtenus dans notre étude sont similaires à ceux observés dans d'autres régions. Deux méta-analyses retrouvaient des prévalences de 26,8% et 13,6% [4], [11]. En France, en 2010, 12 % des adolescents de 15 à 19 ans avaient une insomnie [12]. En effet, la variabilité des résultats dépend des critères utilisés et des approches méthodologiques. Une étude réalisée en 2005 chez 1056 adolescents chinois de 12 à 18 ans avait montré une prévalence de 16% [13]. En 2008, parmi 4175 adolescents âgés de 11 à 17 ans de la région de Houston (Etats-Unis), la prévalence de l'insomnie était de 14% [14].

Toutefois les études s'accordent sur la plus grande fréquence des difficultés d'endormissement et de fatigue matinale [15], [16].

Nous avons retrouvé des difficultés d'endormissement (42,2%), des difficultés de maintien du sommeil (11,2%) et des plaintes qualitatives (58%). Tahiri trouvait que 19,8% des lycéens se plaignaient de difficultés d'endormissement, 14,8% somnolaient en classe et 3% prenaient des sédatifs [16]. La durée du sommeil différait les jours de cours et les jours de vacances [16]. Bailly trouvait dans ses études que 21,5 % des adolescents se plaignaient de difficultés à s'endormir, 30,3 % avaient des difficultés à se réveiller le matin, 12,8 % se réveillaient tôt le matin sans pouvoir se rendormir, 6,2 % faisaient des cauchemars, et 8,2 % ressentaient le besoin de dormir au cours de la journée [17].

L'insomnie était de 23,9% pour filles et 16,1% pour les garçons dans notre cohorte. Ces taux se superposent à ceux retrouvés ailleurs [6], [9]. Les élèves ne vivant pas avec leurs parents avaient plus de risque d'avoir une insomnie (OR=1,93) avec des prévalences de 30,6% contre 18,6%. Les facteurs qui influencent ces résultats n'ont pas pu être déterminés. La dette de sommeil (OR=1,79) ainsi que la somnolence diurne (OR= 2,46) étaient beaucoup plus importantes chez les insomniaques. Une étude antérieure menée à Dakar [18] montrait un risque élevé de somnolence de 22,17% lors des activités. **Jaussent** trouvait en 2017 que l'insomnie est liée à la survenue de somnolence diurne excessive [19].

Une réduction du temps de sommeil était plus marquée la veille des jours de classe avec une somnolence diurne [14], [16], [17]. Le manque de sommeil chez les adolescents est corrélé à une tendance élevée de la somnolence en classe, une baisse des performances scolaires, des troubles de l'humeur et un risque accru de surpoids et d'obésité [20].

Une étude réalisée en février 2005 par l'INSV, en partenariat avec la société française d'enquêtes et de sondages (SOFRES) auprès de 502 adolescents français de 15 à 19 ans, avait montré que près de 70 % des adolescents présentaient une dette de sommeil en semaine c'est-à-dire un temps de sommeil total inférieur à leur besoin de sommeil estimé à 9 h 02 min par nuit avec une récupération de deux heures par nuit le week-end [21]. Le même constat était fait par Mants et al. en 2000 chez 386 lycéens français de 15 à 20 ans [22].

Dans une méta-analyse de Bat-Pitault, la réduction du temps de sommeil était plus accentuée dans les autres continents qu'en Europe et plus importante chez les garçons [21]. La réduction du temps de sommeil lors des jours avec classe le lendemain serait liée aux cours du matin [21]. Nous avons trouvé qu'au-delà des heures de cours, certains élèves se réveillaient entre 5h 30min et 6h pour la prière de l'aube selon le rite musulman. D'autres devaient parcourir près de 7 kilomètres à pied pour rejoindre leurs établissements.

La somnolence diurne était notée chez 6,9% des élèves. Ce taux était légèrement inférieur à celui obtenu au Cameroun de 8,5% [23], bien que l'outil d'évaluation soit identique (échelle de somnolence d'Epworth).

5 CONCLUSION

Les troubles du sommeil, en particulier l'insomnie, sont fréquents en milieu scolaire chez les adolescents. Ils retentissent sur l'équilibre physique et psychique avec de multiples conséquences : algies diverses, fatigue, erreurs, baisse des performances scolaires, somnolence en classe, absences répétées etc. Nous avons mené une étude transversale à l'aide de questionnaire et de l'échelle de somnolence d'Epworth auprès des élèves des établissements du département de Thiès. La prévalence de l'insomnie était de 21%, avec une prédominance féminine. La durée moyenne du sommeil était de 8,72 heures $\pm 1,1$ avec une variation selon les vacances, les jours avec ou sans classe le lendemain. Des facteurs de risque sont retrouvés, notamment le fait de vivre avec un tuteur autre que les parents, l'éloignement de l'école par rapport à son lieu d'habitation, et les horaires matinaux de cours. L'insomnie est associée de façon significative à une dette de sommeil et à une somnolence diurne excessive.

Des études plus approfondies doivent être faites pour mieux évaluer les facteurs de risque de l'insomnie. Ceci pourrait permettre de mener une politique préventive et de réduire la prévalence par action sur certains facteurs évitables. Il est important de renforcer les compétences des médecins scolaires dans le domaine de la médecine du sommeil ; de sensibiliser les élèves sur les éventuelles conséquences physiques et psychiques des troubles du sommeil et de susciter la réflexion auprès des autorités en charge de l'éducation et de la formation.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun.

RÉFÉRENCES

- [1] Beck F, Léon C, Pin-Le Corre S, Léger D. Troubles du sommeil : caractéristiques sociodémographiques et comorbidités anxiodépressives. Étude (Baromètre santé INPES) chez 14 734 adultes en France. *Rev Neurol* 2009; 165(11):933-42.
- [2] Chan-Chee C, Bayon V, Bloch J, Beck F, Giordanella JP, Leger D. Epidémiologie de l'insomnie en France : état des lieux. *Revue d'épidémiologie et de santé Publique* 2011; 59(6):409-22.
- [3] Léger D, Ohayon M, Beck F, Vecchierini MF. Prévalence de l'insomnie : actualité épidémiologique. *Médecine du sommeil* 2010; 7(4) : 139-145.
- [4] Beck F, March L, Guignard R, Cavalin C. Les facteurs associés aux troubles du sommeil : l'apport de l'enquête EVS. *Santé Homme Collect* 1942-2012, 2010; 407:8-11.
- [5] Gourier-Fréry C. Insomnie, fatigue et somnolence : prévalence et état de santé associé, déclarés par les plus de 16 ans en France métropolitaine. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2012; 44-45: 502-9.
- [6] Léger D, Ogrizek P. Troubles du sommeil et de l'éveil : mise au point. *La Revue de médecine interne* 2012; 33(9): 525-31.
- [7] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th edition. Washington DC: American Psychiatric Publishing; 2013. 991p
- [8] American Academy of Sleep Medicine. International Classification of Sleep Disorders, 3rd edition: diagnostic and coding manual. Darien, Illinois: American Academy of Sleep Medicine; 2014.
- [9] Léger D. Conséquences économiques du manque de sommeil et son impact sur la qualité de vie. *Médecine du Sommeil* 2008; 5(18) :19-23.
- [10] Léger D. Prevalence of insomnia in a survey of 12778 adults in France. *J Sleep Res* 2000; 9:35-42.

- [11] Jiang XL, Zheng XY, Yang J, Ye CP, Chen YY, Zhang ZG, et al. A systematic review of studies on the prevalence of insomnia in university students. *Public health*. 2015; 129(12):1579-584.
- [12] Beck F, Richard JB. Les comportements de santé des jeunes. *Analyses du Baromètre santé 2010*; 1-27.
- [13] Liu X, Zhao Z, Jia C, Buysse DJ. Sleep Patterns and Problems Among Chinese Adolescents. *Pediatrics* 2008;121(6):1165-73.
- [14] Roberts RE, Roberts CR, Duong HT. Chronic Insomnia and Its Negative Consequences for Health and Functioning of Adolescents: A 12-Month Prospective Study. *J Adolesc Health* 2008; 42(3):294-302.
- [15] Beck F, Guignard R, Léger D. Événements de vie et troubles du sommeil : l'impact fort de la précarité et des violences subies. *Médecine du Sommeil* 2010; 7(4):146-55.
- [16] Tahiri AD, Aalouane R, Elghazouani F, Zegouagh A, Raddaoui K, Sekkat FZ, et al. À propos du sommeil des lycéens : une enquête à Rabat et Salé. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 2009; 57 : S56.
- [17] Bailly D, Bailly-Lambin I, Querleu D, Beuscart R, Collinet C. Le sommeil des adolescents et ses troubles : une enquête en milieu scolaire. *L'Encéphale* 2004; 30(4):352-9.
- [18] Ba F, Ba EM, Kane MO, Guèye L, Seck A, Diaw M et al. Aspects socio-physiologiques des troubles du sommeil au service de neurologie du Centre Hospitalier National Universitaire de Fann à Dakar. *J. Sci.* 2014; 14 (2): 10-19.
- [19] Jaussent I, Morin C, Ivers H, Dauvilliers Y. Facteurs de risque associés à l'évolution de la somnolence diurne excessive. Etude en population générale. *Médecine du Sommeil* 2017; 14(1):45.
- [20] Brion A. Les conséquences du manque de sommeil à l'adolescence. *Médecine du Sommeil* 2011; 8(4):145-51.
- [21] Bat-Pitault F, Da Fonseca D. Réduction du temps de sommeil chez les adolescents : conséquences et prise en charge ? *Archives de pédiatrie* 2012; 19 (10) :1095-099.
- [22] Mantz J, Muzet A, Winter AS. Le rythme veille sommeil chez l'adolescent de 15 à 20 ans. Enquête réalisée dans un lycée pendant dix jours consécutifs. *Archives de pédiatrie* 2015; 7(3): 256-62.
- [23] Simo-Fotso J, Pefura-Yone EW, Balkissou AD, Kenyo-Kenne C, Kuaban C. Déterminants de la somnolence diurne excessive (SDE) dans une région d'Afrique centrale. *Rev Mal Respir* 2017 ; 34 : 290.

ANALYSE DE TAUX DE MARGE OPERATIONNELLE DE L'ENTREPRISE REGIDESO DIRECTION DE KISANGANI DE 2012 A 2016

[OPERATIONAL MARGIN RATE ANALYSIS OF REGIDESO COMPANY AT KISANGANI DIRECTION FROM 2012 TO 2016]

KIAYIMA KITENGIE Jules¹ and KABONGO KANDA Crispin²

¹Assistant, Institut Supérieur de Commerce de Kisangani et Chercheur de l'Université Catholique de Bukavu, RD Congo

²Chef de travaux, Institut Supérieur de Commerce de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2020 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: Congolese companies in general, and REGIDESO particularly, are aware of the financial imbalance and don't seem to be competitive at national or international level. Creditors are interested in maximizing the value of the firm; however, shareholders and creditors often don't have converging interests. The operating margin rate analysis made it possible to judge the viability of this company. We have assigned to this study a dual objective, namely to define the different margin rates; to present the advantages of knowing these in a company and to give the evolution of the operating margin rates displayed at REGIDESO / Kisangani during the research period.

After data analysis, we obtained the results according to which the different rates of posted operating margins of REGIDESO / Kisangani are positive for the whole period under review. The operating margin rates are up from the base year 2012, despite the decrease observed in 2014 and 2015. The analysis of operating margin rates not only made it possible to make a value judgment on the reliability of this public entity but also to identify some weaknesses against which, it was formulated recommendations.

KEYWORDS: Analysis, rate, margin, operational, company.

RESUME: Les entreprises congolaises en général, et la REGIDESO en particulier, connaissent le déséquilibre financier et ne semblent guère compétitives sur le plan national qu'international. Les créanciers s'intéressent à la maximisation de la valeur de la firme ; néanmoins, actionnaires et créanciers n'ont pas souvent des intérêts convergents. L'analyse de taux de marge opérationnelle a permis de juger la viabilité de cette société. Nous avons assigné à cette étude un double objectif, à savoir définir les différents taux de marge et présenter les avantages que concourent la connaissance des ces marges dans une entreprise et donner l'évolution des taux de marge opérationnelle affichés à la REGIDESO/Kisangani durant la période de notre recherche.

Après analyse des données, nous avons abouti aux résultats selon lesquels les différents taux des marges opérationnelles affichés de la REGIDESO/ Kisangani sont positifs pour toute la période sous-examen. Les taux de marge opérationnelles évoluent à la hausse par rapport à l'année de base 2012 malgré la baisse constatée en 2014 et 2015. L'analyse de taux des marges opérationnelles a permis non seulement de porter un jugement de valeur sur la fiabilité de cette entité publique mais aussi de déceler quelques faiblesses au regard desquelles, il a été formulé des recommandations.

MOTS-CLEFS: Analyse, taux, marge, opérationnelle, entreprise.

1 INTRODUCTION

Les entreprises congolaises en général, et la REGIDESO en particulier connaissent le déséquilibre financier et ne semblent guère compétitives sur le plan national qu'international. Le manque d'une véritable analyse des différents taux de marge, peut-être l'une des raisons qu'invoquent invariablement bon nombre d'observateurs que cette entreprise ne peut espérer à une gestion saine, moins encore à sa modernisation. Selon DRAIEF, les créanciers s'intéressent à la maximisation de la valeur de la firme ; néanmoins, actionnaires et créanciers n'ont pas souvent des intérêts convergents [1]. La vie de toute entreprise est semblable à celle de l'homme. L'entreprise naît, s'accroît et se dissout. Elle est sujette à des nombreuses secousses durant son existence pour assurer son épanouissement. Il faut alors à celle-ci des examens au contrôle, l'identification de qualité financière afin de surveiller les capitaux qui constituent le point moteur de son fonctionnement. Ces difficultés sont inhérentes à toute entreprise [2]. Il convient de relever que les économistes sont tous d'accord que l'analyse de taux de marge est l'un des indicateurs fiables dont on se sert pour juger la viabilité d'une entreprise [3]. Par ailleurs, l'organisation des colloques, des séminaires sur la gestion de la REGIDESO, prouve effectivement de la volonté de gestionnaire de redonner l'image de cette dernière. Comme nous l'avons soutenu, l'analyse de taux de marge opérationnelle nous permet sans doute de porter un jugement de valeur sur la fiabilité de cette entité publique. Loin de nous l'idée d'activer la polémique sur les méthodes de gestion de cette entreprise. Nous nous efforçons d'analyser objectivement, les différents taux de marge opérationnelle obtenus et démontrerons les causes à effet des résultats escomptés.

Notre investigation nous permet de connaître le comportement de taux de marge opérationnelle de la REGIDESO au cours de la période choisie pour permettre en effet de déterminer la viabilité de cette entreprise et ses chances de réussite à long terme ; en excluant les résultats financiers et exceptionnels de son calcul, la marge opérationnelle obtenue peut permettre d'évaluer si l'activité même de l'entreprise est rentable.

2 MATERIELS ET METHODES

Sur ce, considérant que les problèmes de gestion d'une entreprise constituent une préoccupation majeure pour sa santé financière, notre problématique se résume dans les questions que nous nous posons ci-après :

- Les marges opérationnelles de la REGIDESO/Kisangani sont-elles positives ou négatives durant la période sous-étude ?
- Comment évoluent les taux de marge opérationnelle de la REGIDESO/Kisangani pour toute la période sous-examen ?

En guise de réponses provisoires aux questions soulevées par la problématique, nous estimons que :

- Les taux de marge opérationnelle de la REGIDESO/Kisangani seraient positifs durant toute la période sous examen.
- Les taux de marges opérationnelles de la REGIDESO/Kisangani évolueraient à la hausse pour toute la période choisie.

Cette étude revêt un intérêt qui vise plusieurs cibles :

- Sur le plan pratique : les résultats de ce travail offriraient un outil de travail devant servir de guide pour les dirigeants de la REGIDESO de connaître sa santé financière et de suivre de près sa gestion dans les résolutions de problèmes liés à la maximisation de profit et à la rentabilité de l'entreprise pour sa pérennité.
- Sur le plan scientifique : ce travail est un outil de référence pour les futurs chercheurs qui mènerait d'autres investigations plus élaborées en gestion financière d'une entreprise.

A cette réflexion, nous avons assigné les objectifs repris ci-dessous :

- Définir les différents taux de marge et présenter les avantages que concourent la connaissance de ces marges dans une entreprise ;
- Donner l'évolution des taux de marge opérationnelle affichés à la REGIDESO/Kisangani durant la période de notre recherche.

Pour cette recherche, nous avons utilisé les méthodes d'analyse documentaire et comparative. La méthode documentaire nous a permis d'analyser la documentation disponible au sein de la REGIDESO (rapports et états annuels) ainsi que d'autres documents nous permettant d'avoir des informations de notre recherche. Et la méthode comparative, nous a permis de mettre sous examen l'analyse de ratios de la période étudiée pour en dégager les critères d'appréciation.

Dans le cadre de ce travail, nous avons recouru aux techniques suivantes pour la collecte et l'analyse de données :

TECHNIQUE DOCUMENTAIRE :

Elle nous a permis de consulter les documents ayant trait à l'objet de notre étude, tels que les ouvrages, archives, rapports, états financiers en vue d'y puiser les données quantitatives et qualitatives nécessaires au présent travail. Nous avons en outre recouru à la recherche en ligne.

TECHNIQUE D'INTERVIEW LIBRE :

Celle-ci nous a permis de recueillir les informations en rapport avec la production de leurs états financiers et obtenir d'autres détails qui ont enrichis notre travail.

LA TECHNIQUE STATISTIQUE :

Cette technique nous a servi de grouper les données et les analyser d'une part et interpréter les résultats observés d'autre part.

2.1 REVUE DE LA LITTÉRATURE**2.1.1 ANALYSE**

Une analyse est une méthode ou une étude comportant un examen discursif en vue de discerner les éléments [4]. Dans le cadre de notre recherche, ce terme est employé dans le sens d'étude ou phénomène de son contenu, de ses concours, de ses limites et de toutes ses facettes pour en saisir quelques sens.

2.1.2 NOTION DE TAUX DE MARGE ET TAUX DE MARQUE [5]

Le taux de marge est une expression économique et comptable désignant un ratio de rentabilité. Le taux de marge fait référence au pourcentage de gain ou de perte d'une entreprise pour un produit ou un service, par rapport à son coût d'achat ou de production. Le taux de marge ne doit pas être confondu avec le taux de marque qui est un autre ratio de rentabilité. Le taux de marge se calcule à partir du prix d'achat ou de production. Plusieurs méthodes de calcul existent en fonction des domaines. L'une des méthodes consiste à calculer la différence entre le prix de vente et le coût d'achat d'une marchandise, puis de diviser le résultat par le prix d'achat.

Rappelons qu'il existe deux taux pour calculer le pourcentage de gain réalisé sur la vente d'un produit ou service, l'un calculé par rapport au prix d'achat est appelé « taux de marge », l'autre calculé sur le prix de vente s'intitule « le taux de marque ». Le pourcentage de marge le plus communément utilisé est abusivement appelé taux de marge alors que le calcul correspond le plus souvent au taux de marque.

On parle de marge commerciale dans les activités de négoce (achats/reventes) et de marge brute ou industrielle dans les activités de production ou de services.

Le calcul de la marge permet de déterminer le profit généré par une vente. Pour une entreprise, c'est un indicateur financier déterminant. Pour les créateurs d'entreprise, la marge est un des éléments importants du prévisionnel. En fonction des secteurs d'activité, les entreprises utiliseront le taux de marge ou le taux de marque pour :

- Mesurer la performance commerciale de l'entreprise ;
- Se comparer vis-à-vis des entreprises de son secteur ;
- Déterminer l'effritement ou au contraire l'amélioration de la politique commerciale mise en œuvre ;
- Orienter les choix de développement des produits vers ceux les plus rentables ;
- Déterminer le seuil de rentabilité de l'entreprise.

La marge commerciale est obtenue selon le calcul suivant :

$$\text{Marge commerciale} = \text{Chiffre d'affaires HT} - \text{Coût d'achat HT}$$

La marge commerciale (également appelée marge brute) mesure la marge dégagée par l'entreprise sur le coût d'achat des marchandises vendues. Il s'agit donc d'une mesure du profit généré par les activités commerciales de l'entreprise avant prise en compte des frais de structure. La marge est une notion-clé de la rentabilité, elle mesure la capacité de l'entreprise à générer une plus-value sur les ventes par rapport au coût de revient.

Le taux de marge se calcule par rapport au coût d'achat. Il établit un rapport entre la marge brute réalisée et le coût d'achat des marchandises et se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Taux de marge} = (\text{Marge commerciale HT} / \text{Coût d'achat HT}) \times 100$$

Le taux de marque se calcule par rapport au prix de vente. Il établit un rapport entre la marge d'un produit et son prix de vente hors taxes (HT). C'est le taux le plus utilisé dans le calcul des pourcentages de marge. En effet, le terme taux de marge est souvent utilisé abusivement pour le calcul correspondant au taux de marque. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Taux de marque} = (\text{Marge commerciale HT} / \text{Prix de vente HT}) \times 100$$

2.1.3 OPÉRATIONNEL

Qui est propre à la réalisation d'une opération; qui, après études et mises au point, est suffisamment éprouvé pour être apte à atteindre l'objectif recherché [6]. Recherche opérationnelle est un « ensemble de méthodologies relatives à une approche scientifique de la prise de décision qui concerne les processus (opérations en anglais) des systèmes organisés » [7]. C'est une méthode qui, à partir de l'observation des faits et de l'analyse mathématique de leurs rapports permet de rechercher la meilleure façon de prendre des décisions pour obtenir les meilleurs résultats. La recherche opérationnelle constitue une approche quantitative permettant de produire de meilleures décisions. Elle fournit des outils pour rationaliser, simuler et optimiser l'architecture et le fonctionnement des systèmes industriels et économiques. Elle propose des modèles pour analyser des situations complexes et permet aux décideurs de faire des choix efficaces et robustes [8]. Selon FAURE et ses collaborateurs, la recherche opérationnelle est l'ensemble des méthodes et techniques rationnelles d'analyse et de synthèse des phénomènes d'organisation utilisables pour élaborer de meilleures décisions [9].

2.1.4 MARGE OPÉRATIONNELLE [10]

Dans le monde de la comptabilité et des finances, la marge opérationnelle ou marge d'exploitation correspond au rapport entre le résultat d'exploitation d'une entreprise, et son chiffre d'affaires. Elle est un ratio qui permet de connaître la marge des revenus de l'entreprise en prenant en compte uniquement l'activité de l'entreprise, c'est-à-dire les revenus d'exploitation.

Il faut noter qu'à ce titre, les résultats financiers et exceptionnels de l'entreprise ne sont pas pris en compte dans le calcul de la marge opérationnelle. Cette exclusion permet de tenir compte uniquement de l'activité normale et opérationnelle de la société.

En excluant les résultats financiers et exceptionnels de son calcul, la marge opérationnelle permet d'évaluer si l'activité même de l'entreprise est rentable et qu'elle ne repose pas uniquement sur des revenus exceptionnels et/ou financiers.

Si la marge opérationnelle d'une entreprise est faible cela signifie que les ventes réalisées ne sont pas rentables et que la viabilité de l'entreprise sur le long terme est en jeu.

Par contre, une baisse constante et régulière de la marge d'exploitation constitue un danger pour une entreprise qui risque à moyen terme de ne plus avoir de fonds pour se financer.

La marge opérationnelle d'une entreprise est égale au résultat d'exploitation divisé par le chiffre d'affaires. Ce ratio permet donc de connaître le pourcentage des ventes qui est converti en richesse et donc de déterminer la performance économique d'une entreprise.

Le taux de marque se calcule en divisant la marge commerciale par le chiffre d'affaires HT :

$$\text{Taux de marque} = \text{Marge Commerciale} / \text{Chiffre d'affaire HT}$$

Tandis que le coefficient multiplicateur correspond au rapport entre le prix de vente toutes taxes comprises (P.V. TTC) et le coût d'achat HT :

$$\text{Coefficient Multiplicateur} = \text{Prix de vente TTC} / \text{Coût d'achat HT}$$

Il permet de calculer facilement le prix sur l'étiquette à partir du coût d'achat.

2.1.5 NOTION SUR LES RATIOS DE PROFITABILITÉ [11]

En économie, la profitabilité d'une entreprise est l'un des critères favoris des investisseurs. En effet, elle exprime sa capacité à dégager un revenu à partir des ressources financières qu'elle emploie.

Les sociétés affichant un taux de rentabilité élevé sur le long terme sont particulièrement recherchées, car elles procurent une sécurité financière à leurs actionnaires. La rentabilité est toujours exprimée sous forme de ratio entre, d'un côté, un volume d'activité et, de l'autre, un volume de résultat.

Le taux de rentabilité est calculé en prenant le résultat net divisé par le chiffre d'affaires. Le résultat net s'obtient en ajoutant le résultat d'exploitation au résultat financier et au résultat exceptionnel (dont on retranche l'impôt sur les sociétés). Le chiffre d'affaires correspond au total des ventes de marchandises, produits fabriqués ou services qu'une entreprise réalise durant un exercice comptable.

La rentabilité permet de mesurer l'efficacité de l'outil économique qu'une entreprise utilise pour son exploitation courante. Elle fait apparaître le rendement économique de capitaux empruntés aux actionnaires dans un but productif. Lorsque cette rentabilité diminue, cela signifie que la rentabilité nette de l'activité économique décroît ou devient négative, ce qui laisse augurer du pire.

Ce rapport permet à l'analyste de raisonner sur la situation financière d'une entreprise, il consiste à rapporter (diviser) un indicateur à (par) un autre [12] et il peut être exprimé soit sous forme d'un quotient, soit sous forme d'un pourcentage.

L'analyse des ratios permet au propriétaire d'entreprise ou le gestionnaire de repérer les tendances dans une entreprise et de comparer ses performances et l'état de la performance moyenne des entreprises similaires dans le même secteur. Pour ce faire, il faut comparer les ratios de l'entreprise étudiée, à la moyenne des entreprises similaires et de comparer les ratios de ladite entreprise de plusieurs années successives, en particulier pour dégager des tendances défavorables, qui peuvent être de départ. L'analyse des ratios peut fournir les indications importantes et le début d'alerte tout ce qui permet de résoudre les problèmes de l'entreprise [11]. Les ratios permettent ainsi d'opérer des comparaisons, soit entre sociétés de différentes tailles et/ou différentes activités, soit de comparer plusieurs années pour une même société [12].

Les ratios peuvent servir à mesurer les relations qui existent entre les éléments de la structure de l'actif et du passif ou pour apprécier l'équilibre entre le degré de liquidité et le degré d'exigibilité. Les ratios constituent un instrument d'observation de l'entreprise. Ce sont de rapports caractéristiques entre deux grandeurs, ils sont choisis de telle manière qu'ils aient une signification rationnelle pour étudier une situation ou une évolution.

L'analyse de ratios est un moyen de preuve et qui permet d'effectuer des études d'évolution et de comparatives interentreprises ou par référence à une seule entreprise. Il est donc possible de juger valablement une entreprise par la simple comparaison de ses ratios (ratios standards purement interne) d'une année à l'autre et l'on peut indiquer si la gestion de celle-ci s'améliore ou se dégrade.

La réussite d'une gestion financière repose essentiellement sur la moralité, l'aptitude qu'ont les gestionnaires à prévoir les événements, car la prévision est la clé du succès. Il est donc impératif de connaître les forces afin de les exploiter correctement, ainsi que les faiblesses pour les remédier.

2.1.6 ENTREPRISE

L'entreprise est une organisation de production de biens ou de services à caractère commercial. Elle met en œuvre des moyens humains, intellectuels, matériels et financiers pour extraire, produire, transformer ou distribuer des biens, ou fournir des services, conformément à des objectifs définis par la direction et faisant intervenir, selon des dosages divers, des motivations de profit et d'utilité sociale [13].

Selon VERHULST, A. l'entreprise est l'ensemble des moyens utilisés pour la réalisation au profit et sous la responsabilité d'une même personne juridique, d'opérations commerciales ou financières poursuivies pendant une période plus ou moins longues [14]. Il s'agit d'un organisme qui offre d'une façon permanente des services au public et une combinaison d'ensemble des facteurs agencés en vue de produire et échanger des biens, de services avec d'autres agents économiques.

2.2 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE REGIDESO

La Direction Provinciale de la Régie de distribution d'eau potable de la République Démocratique du Congo en sigle « REGIDESO » Province de la TSHOPO a comme siège Kisangani dans la commune Makiso au croisement de l'avenue Bondekwe et Abbé Munyororo numéro 4.

C'est une société par action à responsabilité limitée qui régit ses activités au niveau national et qui existe il y a plusieurs décennies. Elle a pour mission, l'exploitation exclusive de la production et la commercialisation d'eau potable en République Démocratique du Congo [15].

2.2.1 TYPES D'ACTIVITÉS DE LA REGIDESO

2.2.1.1 LA PRODUCTION D'EAU

Pour accéder à un traitement d'eau, la source d'eau brute doit être commode et les abords de captage constamment visités et entretenus.

L'usine Tshopo I, actuellement en modification était installée en 1958. Sa capacité de production est de 3. 650.000 m³ d'eau soit 10.000 m³ par jour. La surveillance des opérations était mensuelle, ce qui introduisait la lenteur dans le processus de traitement d'eaux.

L'usine Tshopo II, est installée depuis 1979 et est dotée d'un appareillage semi-automatique permettant un contrôle rapide et facile des opérations. Ces dispositions sont d'un niveau perfectionné, de manière à connaître à chaque instant le niveau des citernes de stockage, de bac à réactifs. Cette usine dispose également d'un système de télécommande et d'alerte. Sa capacité de production est de 7.300.000 m³ soit 20.000 m³ par jour.

Toute production peut occasionner les rebus ou déchets de produits, mais dans la production d'eau à la REGIDESO, les déchets sont récupérés et remis au traitement, sauf lors de nettoyage de matériels, l'eau est quelque fois rejetée.

2.2.1.2 LA DISTRIBUTION D'EAU

L'acheminement d'eau produite au lieu de consommation ou point de vente est assuré par le service de distribution qui, consiste en fait le plus grand service du siège de Kisangani tant au point de sa capacité d'emploi que de son importance car, il ne suffit pas seulement de produire mais surtout savoir écouler les produits.

Ce service a comme rôle essentiel :

- Assurer l'exploitation et la distribution d'eau jusqu'au compteur du client ou abonné ;
- Maintenir le réseau toujours sous pression, en détachant les fuites et autres pannes diverses ;
- Etablir des devis et exécuter des raccordements pour les nouveaux clients.

Le service de distribution utilise un circuit de distribution doté des conduites de sections différentes dont la pose dépend du type de consommateurs à desservir, à petit ou gros compteur d'une part et la sécurité à porter au réseau de distribution d'autre part. Ces conduites doivent être suffisamment fortes pour ne pas céder sous la pression d'eau.

2.3 RÔLE ÉCONOMIQUE ET SOCIAL

La REGIDESO/Kisangani joue un rôle économique dans le milieu où elle est implantée. Sa présence à Kisangani a contribué entre autre à la création des emplois, à la circulation de la monnaie, etc.

Au plan de l'emploi, dès sa création jusqu'à ce jour, elle a généré des emplois de différentes catégories dont la population de Kisangani (Boyomaise) est bénéficiaire. En conséquence, les employés de la REGIDESO bénéficient des salaires pour la survie des membres de leurs familles respectives. Cet état de choses favorise, à son tour la circulation monétaire dans la ville. Ce circuit donne lieu à l'entrée de l'argent dans l'entreprise par paiement des factures de consommation d'eau potable, et l'argent ainsi généré est versé sur le marché par le truchement des achats des matériels et matières consommables à la REGIDESO. Il sied de signaler aussi que les salaires des agents de cette entreprise leur servent pour s'approvisionner au même marché.

De par son objet social, la REGIDESO/Kisangani met la population à l'abri des maladies d'origine hydrique, un des facteurs de l'appauvrissement des familles dont on sait leur faible pouvoir d'achat.

Partant de l'objet social défini dans son statut juridique, la REGIDESO doit fournir « l'eau potable » à la population en milieux ruraux et urbains. L'eau c'est la vie et son composant chimique occupe 70% du corps humain.

3 ANALYSE DES RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES DONNÉES

Toutes les données relatives à notre étude sont regroupées dans ce tableau pour nous permettre de calculer les marges opérationnelles et de mener une bonne analyse et interpréter les résultats de la période de notre étude.

Tableau 1. Détermination des résultats d'exploitation de la période en dollars américains de 2012 à 2016

Libellés	2012	2013	2014	2015	2016
Production	5.003.896	5.347.555	5.769.811	5.752.122	5.785.110
Achats	89.996	135.333	151.575	158.689	170.989
Variation de stocks	-287.696	-302.852	-387.989	-573.222	-674.123
Transports	475.852	499.114	594.100	814.663	950.000
Services extérieurs	496.366	508.963	579.051	646.718	658.122
Impôts et taxes	322.415	408.222	422.326	589.962	655.457
Autres charges	85.978	80.969	85.000	60.799	68.289
Valeur Ajoutée	3.820.985	4.017.806	4.325.748	4.054.513	4.743.087
Charges de personnel	1.252.830	1.247.899	1.399.637	1.452.730	1.580.867
Excédent brut d'exploit.	2.568.155	2.769.907	2.926.111	2.601.783	3.162.220
Amortissement	89.000	98.000	98.000	102.000	102.000
Résultat d'exploitation	2.479.155	2.671.907	2.828.111	2.499.783	3.060.220

Source : REGIDESO KISANGANI, Rapports annuels, 2012-2016 [16]

Le tableau ci-dessus nous présente la démarche utilisée par la REGIDESO pour la détermination du résultat d'exploitation. On constate ici que le résultat d'exploitation est passé de 2.479.155 \$ à 3.060.220 \$ pendant la période de notre étude.

Les différents résultats d'exploitation affichés nous permettront de calculer les marges opérationnelles de chaque exercice et d'analyser les résultats obtenus.

3.2 ANALYSE DES DONNÉES

3.2.1 DÉTERMINATION DES MARGES OPÉRATIONNELLES DE LA REGIDESO DE 2012 À 2016

Comme nous avons bien dit précédemment, la marge opérationnelle d'une entreprise est égale au résultat d'exploitation divisé par le chiffre d'affaires et multiplier par cent.

Tableau 2. Calculs des taux de marges

N°	Désignation	2012	2013	2014	2015	2016
1	Résultats d'exploitation (USD)	2.479.155	2.671.907	2.828.111	2.499.783	3.060.220
2	Chiffre d'affaires (USD)	5.003.896	5.347.555	5.769.811	5.752.122	5.785.110
3	* 100 (%)	*100	*100	*100	*100	*100
4	Marges opérationnelles (%)	49,54	49,97	49,02	43,46	52,90
5	Taux d'accroissement (%)	-	0,87	-1,90	-11,34	21,72

Source : Nos calculs sur base des données du tableau n° 1

Après nos calculs pour la détermination des marges opérationnelles, nous trouvons les résultats ci-après : En 2012 : 49,54% ; en 2013 nous avons 49,97% ; 49,02% en 2014 ; en 2015 : 43,46% et 52,90% en 2016.

Nous lisons aussi le taux d'accroissement ou les taux de variation entre les années comme suit : 2012 à 2013 variation positive de 0,87% ; 2013 à 2014 ; décroissement ou variation négative de l'ordre de 1,90% ; 2014 à 2015 ; décroissement ou variation négative de l'ordre de 11,34 % et enfin ,2015 à 2016 variation positive de l'ordre de 21,72%.

3.2.2 ANALYSE INDICIAIRE DES DONNÉES OBTENUES

Partant de ces données ci haut, il y a lieu de calculer les taux d'indices et de croissance pour compléter notre analyse.

Les économistes ont toujours préféré présenter les données en indices et en taux d'accroissement pour permettre de lire l'évolution dans le temps des données observées ; ces indices sont calculés sur base de formules suivantes :

a) Taux d'indice :
$$\frac{Vi}{Vo} \times 100$$

Où : V_0 = Valeur année de base

V_i = Valeur année d'arrivée ou l'année comparée à celle de l'année de base.

b) Taux d'accroissement ou variation successive :
$$\frac{Vi - V_0}{V_0} \times 100$$

Où : V_0 = Valeur année de base

V_i = Valeur année d'arrivée

A partir des formules évoquées ci-haut, nous pouvons calculer les taux d'indices et de croissance de marges opérationnelles de cette manière :

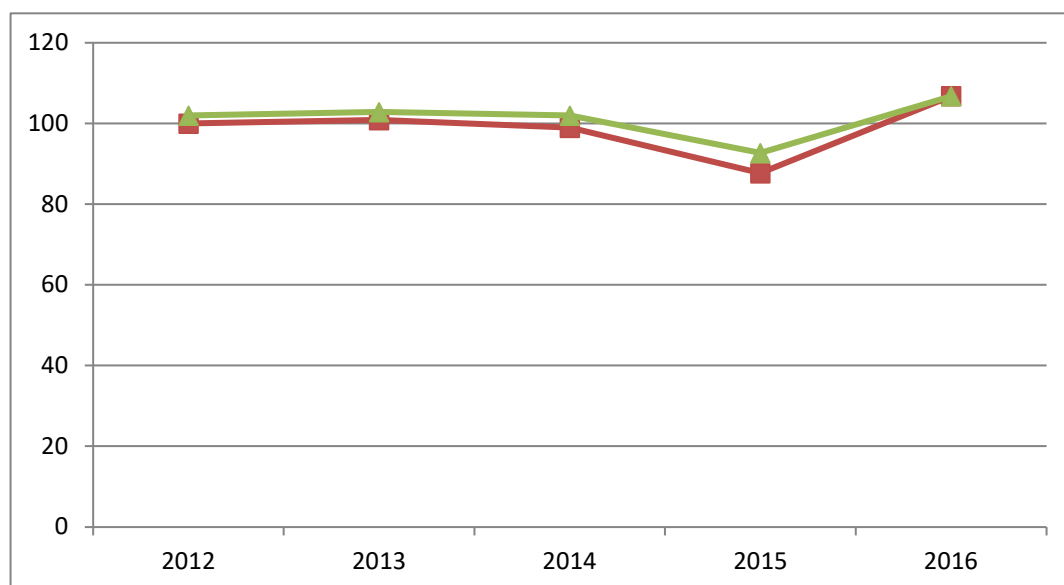
Tableau 3. Evolution des marges opérationnelles 2012-2016

Désignation Données	Marges opérationnelles	Taux d'indice %	Taux d'accrois
2012	49,54	100	
2013	49,97	100,86	0,87
2014	49,02	98,95	-1,90
2015	43,46	87,72	-11,34
2016	52,9	106,78	21,72

Source : Nos calculs sur base des données du tableau n° 1

Nous observons à cet effet que les résultats affichés en taux d'indice par rapport à l'année de base est de 100% en 2012 ; 100,86 % en 2013 ; en 2014 nous avons 98,95 % ; 87,72 % en 2015 et en 2016 nous avons 106,78 %. Pour les taux de croissance (entre les années), nous constatons qu'en 2013 il y a 0,87 % ; en 2014 nous remarquons qu'il y a une baisse de -1,90 % ; même constat en 2015 avec -11,34% et une augmentation de 21,72 % en 2016.

D'une manière générale, les taux de marge opérationnelles évoluent à la hausse par rapport à l'année de base 2012 malgré la baisse constatée en 2014 et 2015.



Graphique N° 1 : Evolution de taux de marge opérationnelle de 2012 à 2016

Source : Sur base des données du tableau n°3

Le graphique n°1 ci-haut indique l'évolution à la hausse des taux de marges opérationnelles de la REGIDESO/Kisangani pour la période sous examen.

3.2.3 ETUDE DE LA TENDANCE GÉNÉRALE

3.2.3.1 CADRE THÉORIQUE

La tendance générale d'un paramètre statistique ou variable économique traduit l'évolution dans le temps qui peut être à la hausse ou à la baisse. Pour déterminer cette tendance générale, on recourt le plus souvent à la droite d'ajustement linéaire donnée par $\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b} t$ où $\hat{Y}$ représente la variable endogène ; t la variable exogène ou le t temps ; $\hat{a}$ et $\hat{b}$ sont les paramètres estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires.

Le modèle estimé est donné par : $\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b} t$ Pour calculer $\hat{a}$ et $\hat{b}$, on recourt aux formules suivantes [17] :

$$\hat{b} = \frac{N \sum_{i=1}^n tY - \sum_{i=1}^n t \cdot \sum_{i=1}^n Y}{\left(\sum_{i=1}^n t^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n t\right)^2}$$

$$\text{Et : } \hat{a} = \bar{Y} - \hat{b} \bar{t}$$

$$\text{Avec : } \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad \text{et} \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{N}$$

Eu égard aux formules de calculs ci-haut énoncées, nous nous proposons de déterminer les tendances générales de certains paramètres jugés utiles ; il s'agit ici de marges opérationnelles.

Les résultats ainsi obtenus nous permettront de porter un jugement de valeur ayant trait à la vie de cette entreprise.

3.2.3.2 CADRE PRATIQUE DE CALCUL DES TENDANCES

Tableau 4. Tendance générale des marges opérationnelles

t	Marges opérationnelles.	y	t ²	y.t	y = a+ bt
1	49,54	100	1	100	94,662
2	49,97	100,86	4	201,72	96,762
3	49,02	98,95	9	296,85	98,862
4	43,46	87,72	16	350,88	100,962
5	52,90	106,78	25	533,90	103,062
$\sum_{i=1}^5 = 15$	$\sum_{i=1}^5 = 244,89$	$\sum_{i=1}^5 = 494,31$	$\sum t^2 = 55$	$\sum yt = 1.483,35$	$\sum = 494,31$

Source : Nos calculs sur base des données du tableau n° 3

Les moyennes arithmétiques des X et Y sont :

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i}{N} = 15 / 5 = 3 \quad \text{et} \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^5 Y_i}{N} = 494,31 / 5 = 98,862$$

Les coefficients de régression $\hat{a}$ et $\hat{b}$ sont :

$$\hat{b} = \frac{5 \sum_{i=1}^5 tY - \sum_{i=1}^5 t \cdot \sum_{i=1}^5 Y}{(\sum_{i=1}^5 t^2) - (\sum_{i=1}^5 t)^2} = \frac{5(1483,35) - (494,31)(15)}{5(55) - (15)^2} = 2,1$$

$$\hat{a} = \bar{Y} - \hat{b}\bar{t} = 98,862 - (2,1)(3) = 92,562$$

Ainsi, la droite de régression est l'équation trouvée $y = 92,562 + 2,1t$ signifie économiquement que les marges opérationnelles réalisées par la REGIDESO augmente annuellement de 2,1 % contre une augmentation constate et correspondante de l'ordre de 92,562 % durant la période de notre étude.

Cette tendance générale des marges opérationnelles peut être illustrée par le graphique ci-dessous pour $y = 92,562 + 2,1t$

Si : $t = 0$; $Y_0 = 92,562 + 2,1(0) = 92,562$

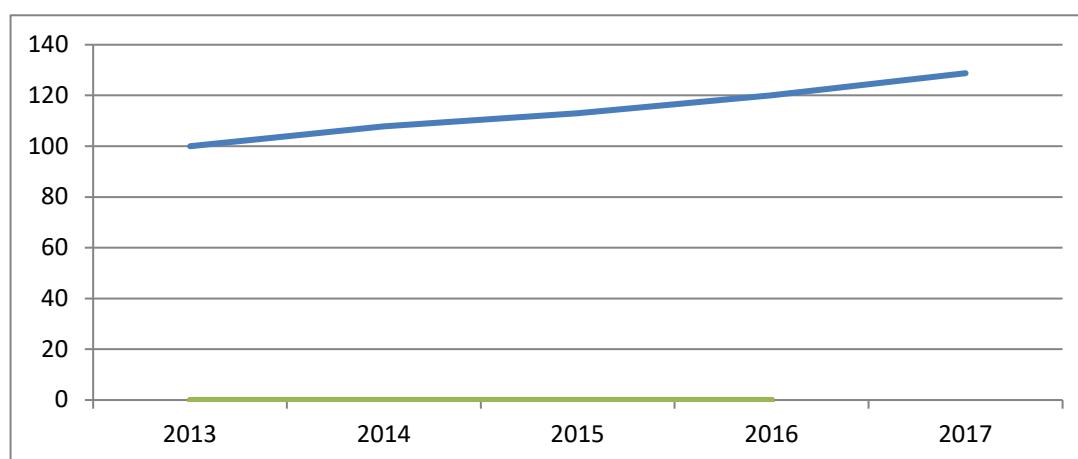
$t = 1$; $Y_1 = 92,562 + 2,1(1) = 94,662$

$t = 2$; $Y_2 = 92,562 + 2,1(2) = 96,762$

$t = 3$; $Y_3 = 92,562 + 2,1(3) = 98,862$

$t = 4$; $Y_4 = 92,562 + 2,1(4) = 100,962$

$t = 5$; $Y_5 = 92,562 + 2,1(5) = 103,062$



Graphique n° 2 : Marges opérationnelles réalisées par la REGIDESO / Kisangani de 2012 à 2016 représentées par la droite de régression $y = 92,562 + 2,1t$

Source : Notre représentation sur base des données du tableau n° 4

En lisant le graphique ci-dessus, la droite d'équation $y = 92,562 + 2,1t$ traduit l'augmentation annuelle de 2,1 % avec une constante de 92,562 %.

4 CONCLUSION

La problématique de cette étude a tourné autour des questions suivantes : Les marges opérationnelles de la REGIDESO/Kisangani sont-elles positives ou négatives durant la période sous-étude ; Comment évoluent les taux de marge opérationnelle de la REGIDESO/Kisangani pour toute la période sous-examen ?

En guise de réponses provisoires aux questions soulevées ci-haut, nous avons estimé que les taux de marge opérationnelle de la REGIDESO/Kisangani seraient positifs durant toute la période sous-examen. Les taux de marges opérationnelles de la REGIDESO/Kisangani évolueraient à la hausse pour toute la période choisie.

Après analyse des données, nous avons abouti aux résultats selon lesquels les différents taux des marges opérationnelles affichés de la REGIDESO/ Kisangani sont positifs pour toute la période sous-examen et cela nous permet de confirmer notre première hypothèse. Les taux de marge opérationnelles évoluent à la hausse par rapport à l'année de base 2012 malgré la baisse constatée en 2014 et 2015. Au regard de ces résultats, nous confirmons également notre deuxième hypothèse.

L'analyse de taux des marges opérationnelles étant l'un des indicateurs fiables pour juger la viabilité d'une entreprise, elle nous a permis non seulement de porter un jugement de valeur sur la gestion financière de cette entité publique mais aussi de déceler quelques faiblesses au regard desquelles, il a été formulé des recommandations afin de permettre aux gestionnaires de prendre certaines dispositions pour améliorer la santé financière de cette entreprise et contribuer à la pérennité de ses activités.

Il est souhaitable que la REGIDESO/Kisangani mette en place une bonne politique de tarification et de facturation pouvant permettre à tout le monde de consommer ce produit qui conditionne la vie humaine pour augmenter sensiblement le chiffre d'affaires ; renouveler les matériels de production et de distribution afin d'éradiquer les nombreuses fuites et fraudes au réseau de distribution qui impactent négativement le chiffre d'affaires ; que les compteurs soient placés chez tous les abonnés afin d'éviter des complaisances dans la facturation ; revoir à la baisse le coût de raccordement afin de permettre à tout le monde de se faire raccorder ; Que le gouvernement de la République Démocratique du Congo à son tour subventionne cette entreprise pour lui permettre d'élargir le réseau de distribution d'eau potable.

Comme tout travail de recherche, notre étude s'est heurtée à une limite liée à l'indisponibilité dans l'entreprise des données de 2017 et 2018, d'autres chercheurs qui s'intéressent à ce domaine pourront nous compléter afin de faire une large analyse et actualiser les résultats.

REFERENCES

- [1] DRAIEF, S., « Gouvernance d'entreprise et coût de la dette : L'impact de la loi Sarbanes Oxley », International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 24, No. 4, pp. 1731-1749, 2018
- [2] CONSO, P. et COTTA, A., Gestion financière de l'entreprise, éd. Dunod, Paris, 1998, p.22
- [3] MALLOT, J.L. et JEAN, C., L'essentiel du contrôle de gestion, éd. d'organisation, Paris, 1998, p.38
- [4] ROBERT LAVAUD, Comment mener une analyse financière ?, Dunod, Paris, 1982, p. 98
- [5] LAUZEL, P. et CIBERT, A., Des ratios au tableau de bord, 3eme éd. de l'entreprise moderne, Paris, 1995
- [6] BOLINDA WA BOLINDA, Séminaire de Sociopathologie de la Famille (3^{ème} cycle), D.E.S. en Sociologie, FSSAP/ UNIKIS, 2015-2016
- [7] JACQUEMIN, J.C., Introduction à la recherche opérationnelle, Bruxelles, 1994, p.3
- [8] LIONEL LAGARDE et al., La Recherche Opérationnelle en France, la science du management quantitatif, Roadef, Paris, 2011, p.1
- [9] FAURE, R., et al., Précis de recherche opérationnelle, 7e édition Dunod, Paris, 2014
- [10] LAVAUD, R., Comment mener une analyse financière, éd. Dunod, Paris, 1974, p.21
- [11] DEPPALENS, G., Gestion financière de l'entreprise, 8ème éd. Dunod, Paris, 1983
- [12] Christophe THIBIERGE, Analyse Financière, 6e éd., Paris, p.57
- [13] LOUIS MEDARD, et al., Dictionnaire de la comptabilité et de la gestion financière, 3eme Edition, Paris, 2011
- [14] VERHULST, A., Comptabilité élémentaire, tome 1, éd. CPR, Kinshasa, 1996
- [15] REGIDESO, Statut juridique, 2010
- [16] REGIDESO KISANGANI, Rapports annuels, 2012-2016
- [17] MUCHIELI, R., Organisation et structure de l'entreprise, initiation à la vie économique, édition, publi-union, Paris, 1979

Notice of Retraction

The authors of the following article have requested that it be retracted from publication in the *International Journal of Innovation and Applied Studies*:

Esayas Embaye and Tadele Alemayo, “Study on Physico-chemical Parameters in Relation to Species Composition and Abundance of Zooplankton and Water Quality of Rift Valley Lake Langano, Ethiopia,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 28, no. 2, pp. 546–556, January 2020.

Dépollution harmonique des réseaux électriques : Etude comparative des commandes, par Modulation de Largeur d'Impulsion et par Hystérésis, des filtres actifs shunts triphasés

[Clean-up of electrical grid harmonic : A comparative study of the control of three-phase shunts active filters, by Pulse Width Modulation and by Hysteresis]

Mamane Adamou¹, Nabil Alkassoum¹, André Foulani¹, and Amadou Seidou Maiga²

¹Laboratoire d'Automatique, d'Electronique, d'Electrotechnique et d'Informatique Industrielle et d'Energie Renouvelable (LA2EI-ER), Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

²Laboratoire d'Electronique, Informatique Télécommunications et d'Energies Renouvelables (LEITER), Université Gaston Berger, Saint-Louis, Senegal

Copyright © 2020 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: Increasing of consumer electronic devices (TVs, computers) and industrial electronic devices (variable speed drives, high efficiency lighting), use on electrical networks, generate pollution through harmonic currents and voltage. The active three-phase shunt filter is a modern solution of decontamination of three-phase power systems. A good clean-up requires a good design of the active filter and a good control. Indeed, the capacity and adaptability of the active filter lies in the quality of the inverter switch of. In this paper, a comparative study of the command by pulse width modulation (PWM) and hysteresis, of a cross over three-phase shunt with voltage structure is performed. The study shows that the command by hysteresis gives best results with regard to the reduction of harmonic pollution and the quality of the network.

KEYWORDS: Three-phase network; Harmonic pollution, PWM control, Hysteresis control.

RÉSUMÉ: L'utilisation croissante sur les réseaux électriques, d'appareils électroniques grand public (téléviseurs, ordinateurs) et les appareils électroniques industriels (variateurs de vitesse, éclairage à haute efficacité), engendrent une pollution de ces réseaux à travers des courants et tension harmoniques. Le filtre actif shunt triphasé est une solution moderne de dépollution des réseaux électriques triphasés. Une bonne dépollution nécessite un bon dimensionnement du filtre actif et une bonne commande. En effet, la capacité et l'adaptabilité du filtre réside dans la qualité de la commande des interrupteurs de l'onduleur le constituant. Dans cet article, une étude comparative des commandes par modulation de largeur d'impulsion (MLI) et par hystérésis, d'un filtre actif shunt triphasé à structure de tension est réalisée. L'étude montre que la commande par hystérésis donne de meilleurs résultats en ce qui concerne la réduction de la pollution harmonique, donc la qualité du réseau.

MOTS-CLEFS: Réseau triphasé ; pollution harmonique ; adaptabilité de filtre ; Hystérésis.

1 INTRODUCTION

L'avènement des composants semi-conducteur a facilité l'alimentation des appareils domestiques et industriels en énergie électrique à l'aide des convertisseurs. Il est à noter cependant que l'utilisation croissante, sur les réseaux électriques, des

composants d'électronique de puissance n'est pas sans conséquence sur la qualité de l'énergie. En effet, le raccordement de charges non linéaires aux réseaux électriques provoque la pollution de ces derniers à travers les courants ou les tensions harmoniques. Les charges non linéaires consomment du courant non sinusoïdal et se comportent alors comme des générateurs d'harmoniques de la fréquence fondamentale (Figure 1).

Le domaine des fréquences qui correspond à l'étude des harmoniques est généralement compris entre 100 et 2000 Hz, soit de l'harmonique de rang 2 jusqu'à l'harmonique de rang 40, les amplitudes de ces harmoniques décroissant généralement avec la fréquence [1].

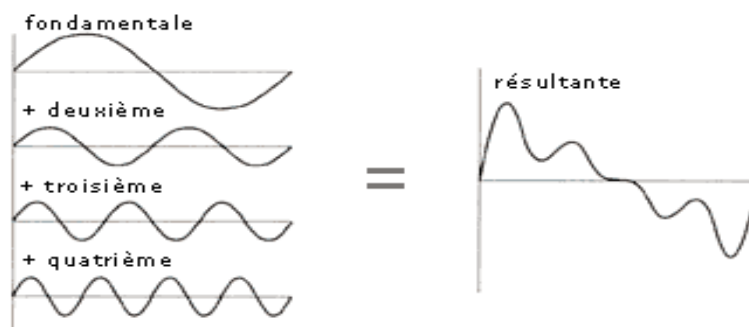


Fig. 1. Décomposition en harmoniques et forme de l'onde

Les harmoniques ont beaucoup d'effets sur les installations électriques [2,3] dont entre autres, l'échauffement et les défauts de fonctionnements de certains des équipements, l'interférence avec les réseaux de télécommunication, le risque d'excitation de résonance etc.

La dépollution des réseaux électrique par l'élimination des harmoniques a longtemps été une préoccupation de la recherche en électrotechnique et en électronique. Plusieurs solutions ont été proposées dont l'utilisation des filtres :

Passifs (figure 2 a) qui ont l'avantage d'une constitution simples et à moindre coût ; par contre ils ne sont pas toujours capables de répondre correctement à la dynamique des systèmes de distribution électrique et leur conception est fortement dépendante du système d'alimentation sur lequel il est connecté.

Actifs (figure 2 b), dont le principe consiste en l'injection dans le réseau pollué des courants ou des tensions harmoniques de même amplitude que les harmoniques pollueurs mais en opposition de phase avec celles-ci. Il existe plusieurs variantes de filtres actifs, le filtre actif série ou parallèle, monophasé ou triphasé, des combinaisons actif-actif appelées compensateurs universels et des combinaisons actif-passif appelées filtres hybrides.

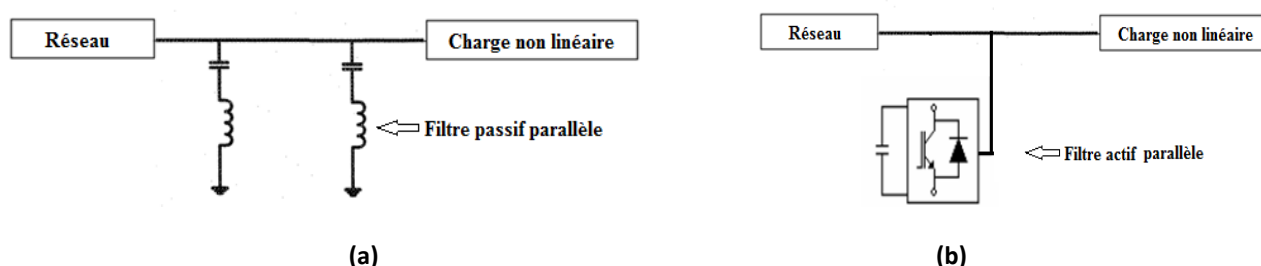


Fig. 2. Filtre parallèle en montage dépollueur d'harmonique (a) passif ; (b) actif

Le filtrage actif peut être monophasé ou triphasé selon que le réseau à dépolluer soit monophasé (réseaux domestiques) ou triphasé (réseaux industriels), à structure de tension ou de courant et selon que l'élément de stockage du filtre actif, capacitif ou inductif. Il peut aussi être en série ou parallèle (shunt) selon les harmoniques à éliminer (de tensions ou de courants respectivement).

L'objectif de cet article est de faire une étude comparative suivit de simulation, des commandes par MLI et par Hystérésis de l'onduleur d'un filtre actif shunt triphasé pour une application de dépollution harmonique.

La figure 3 décrit la structure générale du filtre actif shunt triphasé de type tension.

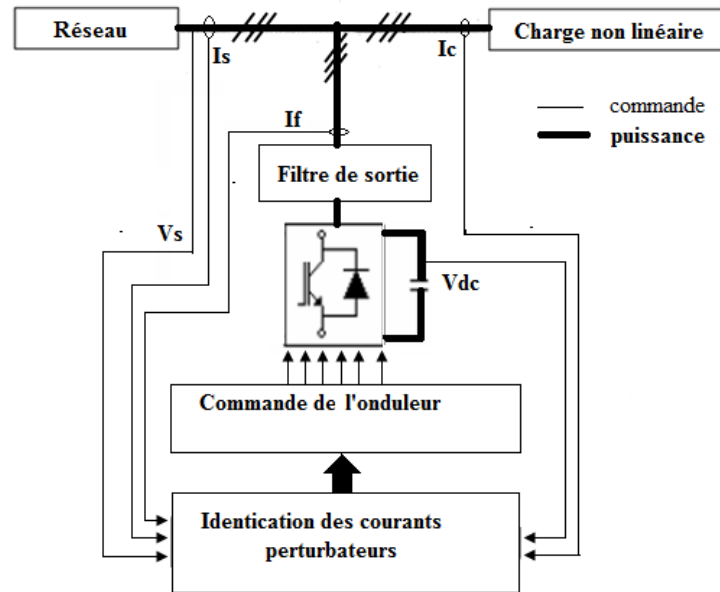


Fig. 3. Structure générale du filtre actif shunt triphasé de type tension

Il est constitué d'une partie puissance et une partie contrôle-commande. La partie puissance comprend généralement un onduleur de tension à base d'interrupteurs de puissance commandables à l'amorçage et au blocage avec des diodes en antiparallèle, d'un circuit de stockage d'énergie (capacitif dans notre étude) et d'un filtre de sortie. Dans la partie contrôle-commande, il est d'abord effectué la recherche des courant de références qui seront ensuite utilisé pour la commande des d'interrupteurs de puissance du filtre actif [4].

2 MÉTHODE D'IDENTIFICATION DES COURANTS PERTURBATEURS

La méthode utilisée est la méthode tri-monophasée [5]. La figure 4 donne pour une des phases l'algorithme exécuté par la méthode tri-monophasée pour d'identification des courants perturbateurs. La structure de la source de tension est donnée figure 5. Les trois tensions fondamentales aux points de raccordement du filtre actif parallèle sont égales mais déphasées de $2\pi/3$.

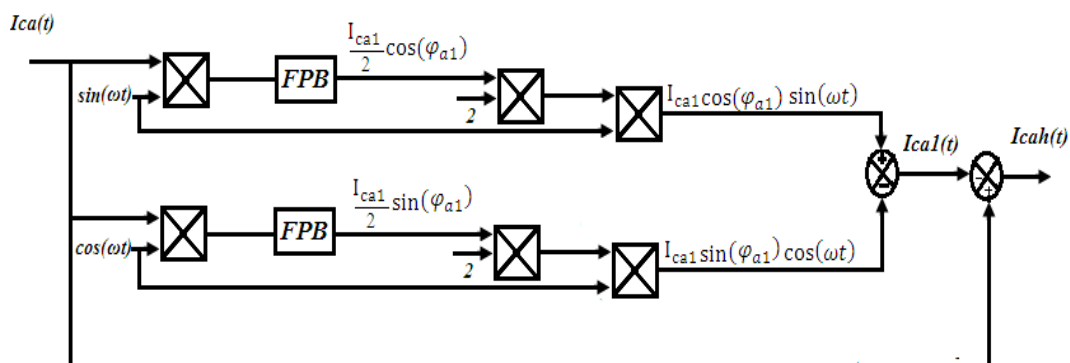


Fig. 4. Algorithme de la méthode de commande méthode tri-monophasé

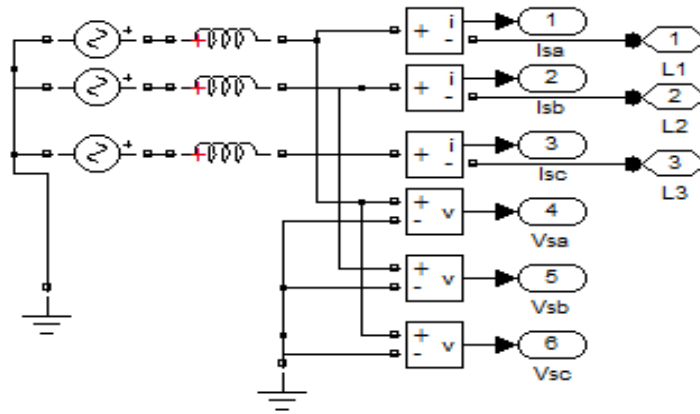


Fig. 5. Structure de la source de tension

Le principe de la méthode tri-monophasé est basé sur l'estimation de l'amplitude des composantes fondamentales active et réactive du courant (I_c) absorbé par la charge. Cette méthode applicable aux systèmes monophasés et triphasés permet de traiter les trois phases de manière indépendante.

Pour un courant I_c absorbé par la charge non linéaire, les composantes pour chaque phase sont données par les relations:

$$I_{ca}(t) = \sum_{k=1}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) = I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) + \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) \quad (1)$$

$$I_{cb}(t) = \sum_{k=1}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{bk}) = I_{cb1} \sin(\omega t - \varphi_{b1}) + \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_k) \quad (2)$$

$$I_{cc}(t) = \sum_{k=1}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ck}) = I_{cc1} \sin(\omega t - \varphi_{c1}) + \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_k) \quad (3)$$

Où I_{ca1} , I_{cb1} , I_{cc1} représentent les amplitudes des courants de la fondamentale pour chaque phase et φ_{a1} , φ_{b1} , φ_{c1} les déphases entre les courants de la fondamentale.

Une boucle à verrouillage de phase ou PLL (signification exacte) est utilisée pour calculer les pulsations fondamentales afin de ne pas avoir des courants perturbateurs erronés [6].

$$I_{ca}(t) \cdot \sin(\omega t) = I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \sin(\omega t) + \sin(\omega t) \cdot \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) \quad (4)$$

$$I_{ca}(t) \cdot \cos(\omega t) = I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \cos(\omega t) + \cos(\omega t) \cdot \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) \quad (5)$$

On obtient alors :

$$I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \sin(\omega t) = \frac{I_{ca1}}{2} [\cos(\varphi_{a1}) - \cos(2\omega t - \varphi_{a1})] + \sin(\omega t) \cdot \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) \quad (6)$$

$$I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \cos(\omega t) = \frac{I_{ca1}}{2} [-\sin(\varphi_{a1}) + \sin(2\omega t - \varphi_{a1})] + \cos(\omega t) \cdot \sum_{k=2}^{+\infty} I_{cah} \sin(h\omega t - \varphi_{ak}) \quad (7)$$

D'après les relations (6) et (7) nous constatons que seules les composantes continues sont proportionnelles respectivement à l'amplitude du courant fondamental actif et à l'amplitude du courant fondamental réactif. Les premières composantes alternatives ont une fréquence égale à deux fois la fréquence réseau. Ces dernières seront donc filtrées à l'aide d'un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure est relativement basse afin d'empêcher que l'ondulation basse fréquence ne se retrouve en sortie. Cependant, il est indisponible de respecter un bon compromis entre le filtrage efficace des fréquences parasites et une dynamique rapide de l'algorithme d'extraction. Après le filtrage on obtient les relations (8) et (9)

$$[I_{ca1} \sin(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \sin(\omega t)]_{\text{filtré}} = \frac{I_{ca1}}{2} \cos(\varphi_{a1}) \quad (8)$$

$$[I_{ca1} \cos(\omega t - \varphi_{a1}) \cdot \cos(\omega t)]_{\text{filtré}} = \frac{I_{ca1}}{2} \sin(\varphi_{a1}) \quad (9)$$

On peut alors reconstituer le courant fondamental $I_{ca1}(t)$ en multipliant les expressions (8) et (9) par 2 puis respectivement par $\sin(\omega t)$ et $\cos(\omega t)$:

$$I_{ca1}(t) = I_{ca1} \cos(\varphi_{a1}) \sin(\omega t) - I_{ca1} \sin(\varphi_{a1}) \cos(\omega t) \quad (10)$$

Et en fin les courants harmoniques $I_{cah}(t)$ sur la phase a sont obtenues en soustrayant le fondamental $I_{ca1}(t)$ du courant total $I_{ca}(t)$.

Une fois que les courants perturbateurs identifiés, la deuxième phase de la commande du filtre actif shunt consiste en la détermination des impulsions de ce dernier.

3 COMMANDE PAR HYSTÉRÉSIS DE L'ONDULEUR DU FILTRE ACTIF SHUNT TRIPHASÉ

La capacité et l'adaptabilité d'un filtre actif réside d'une bonne commande des interrupteurs de l'onduleur le constituant. La commande par hystérésis est une stratégie de commande convenable pour toutes les applications de contrôle du courant des redresseurs ou les besoins en performance sont de plus en plus recherchés en particulier pour le cas des onduleurs [3]. Son principe consiste principalement à maintenir chacun des courants générés dans une bande enveloppant les courants de référence et que chaque violation de cette bande donne un ordre de commutation comme illustré à la figure 6.

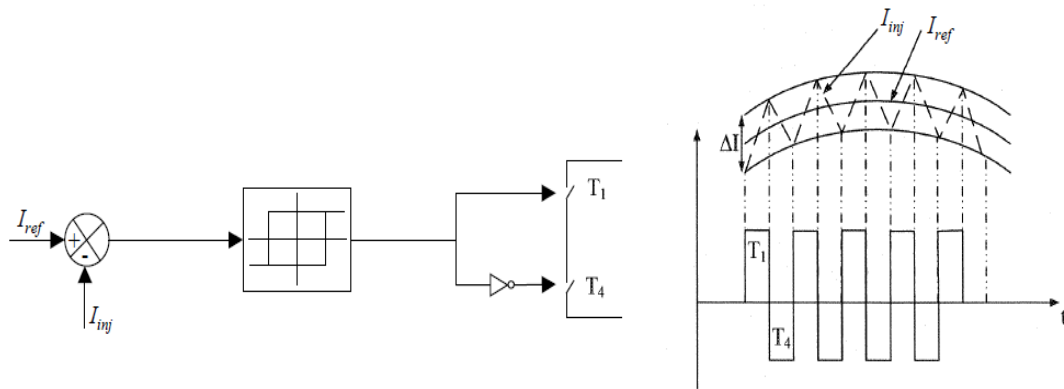


Fig. 6. Principe de commande par hystérésis

La structure de la commande des interrupteurs (T1, 2, 3, 4, 5, 6) du filtre actif shunt par hystérésis est donné par le schéma de la figure 7

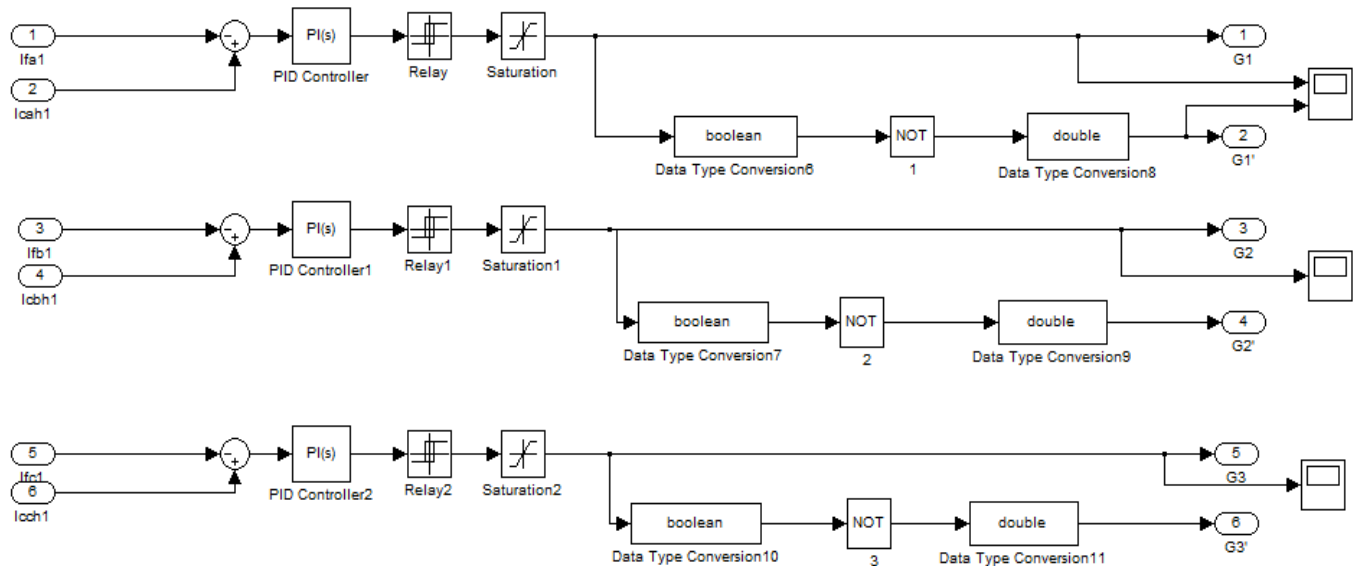


Fig. 7. Commande par hystérésis

4 COMMANDE PAR MLI DE L'ONDULEUR DU FILTRE ACTIF SHUNT TRIPHASÉ

Il existe plusieurs techniques de commande par MLI : la MLI à échantillonnage régulier symétrique où la référence est échantillonnée à chaque période de la porteuse, la MLI à échantillonnage régulier asymétrique où la référence est échantillonnée à la demi-période de la porteuse et la MLI à échantillonnage naturel [1], [4], [7].

La plus simple et la plus connue des modulations de largeur d'impulsion est la MLI à échantillonnage naturel. Cette technique de commande met en œuvre d'abord un régulateur qui détermine la tension de référence de l'onduleur (modulatrice) à partir de l'écart entre le courant mesuré et sa référence. Cette dernière est ensuite comparée avec un signal triangulaire appelé porteuse à fréquence élevée fixant la fréquence de commutation. La sortie du comparateur fournit l'ordre de commande des interrupteurs. La figure 8 indique le principe général de la génération des impulsions de commande par MLI.

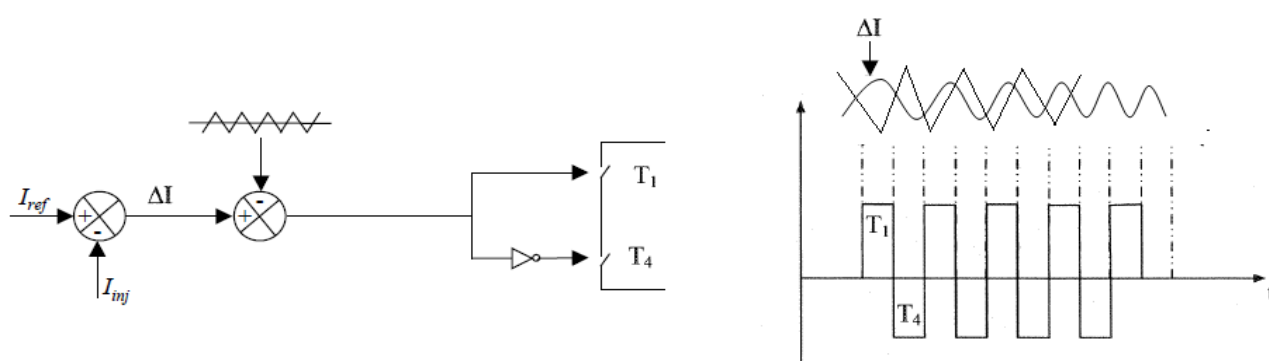


Fig. 8. Principe de commande par MLI

La structure de la commande des interrupteurs (T1, 2, 3, 4, 5, 6) du filtre actif shunt par MLI est donnée à la Figure 9.

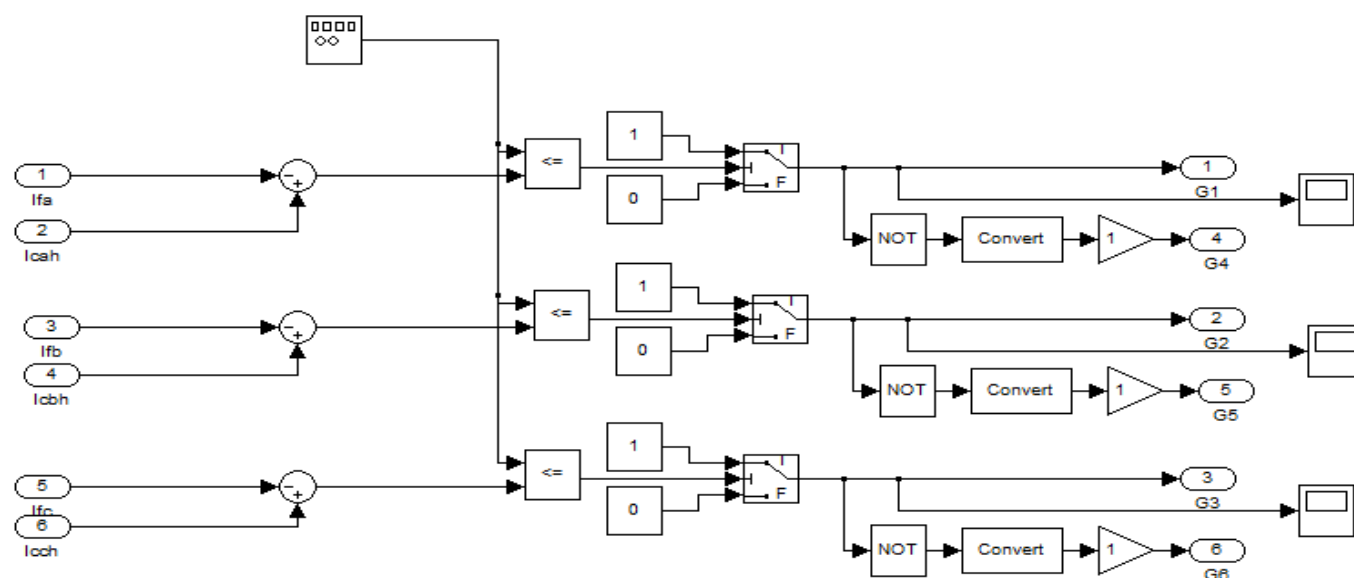


Fig. 9. Commande par MLI

5 RÉSULTATS DE SIMULATIONS

La structure générale du système étudié est donnée à la figure 10. Il est constitué :

- d'une source d'alimentation triphasée polluée,
- d'une charge non linéaire.
- d'un filtre actif shunt triphasé connecté en parallèle sur le réseau,
- d'un bloc de commande du filtre
- d'un block pour la détermination des courants perturbateurs
- d'un block pour la commande des interrupteurs de l'onduleur.

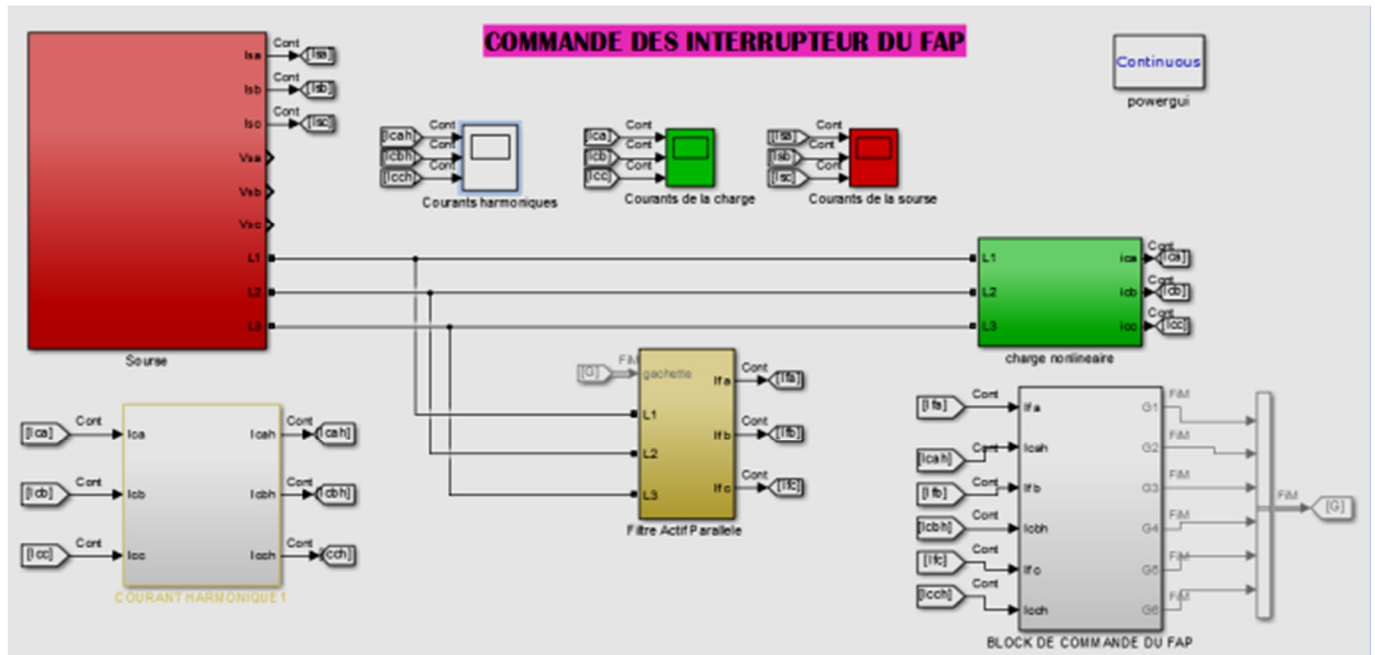


Fig. 10. La structure générale du système étudié

Les paramètres de simulation sont regroupés dans le tableau 1

Tableau 1. Paramètres de simulation

Source	$L_s = 76.10^{-5} H, R_s = 5 \Omega, V_s = 220 V ; F = 50 Hz ;$
Charge	$R_c = 250 \Omega, L_s = 1,15 mH, C_c = 1000 \mu F$
Filtre actif	$L_f = 10 mH, C_{dc} = 2200 \mu F, R_f = 50 \Omega$
Filtre passif	$R_p = 10 \Omega, L_p = 1,76 mH, C_p = 8,8 \mu F$

Les figures 11, 12 et 13 donnent respectivement pour une des phases, les formes d'ondes des courants et l'ordre des harmoniques de courant de la source avant et après application du FAS. (a) pour la commande par MLI ; (b) pour la commande par hystérésis.

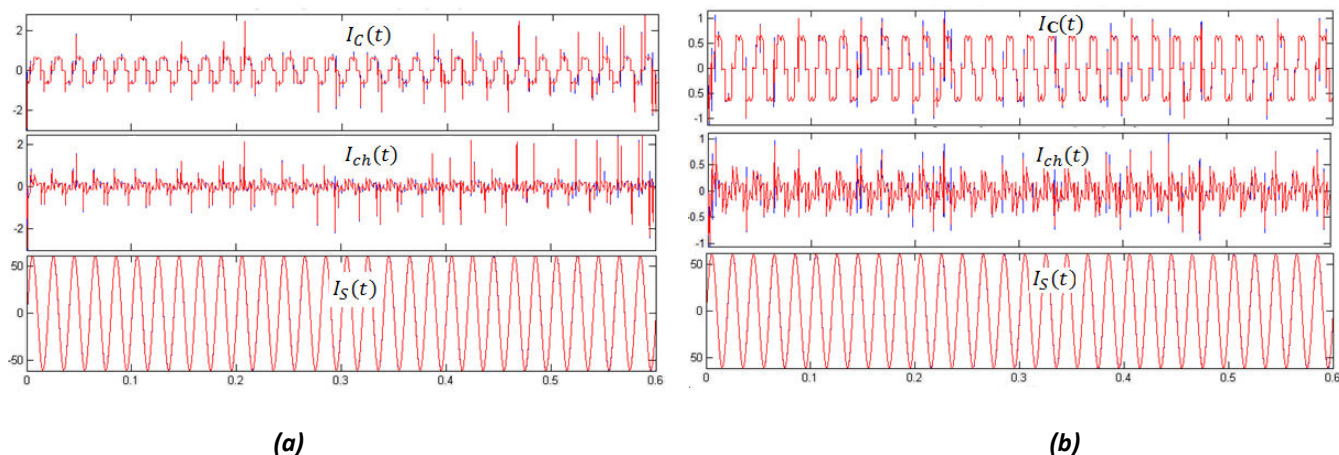


Fig. 11. Forme d'onde des courants de la charge (I_c) harmonique (I_{ch}) et source (I_s) : (a) commande par MLI ; (b) commande par hystérésis

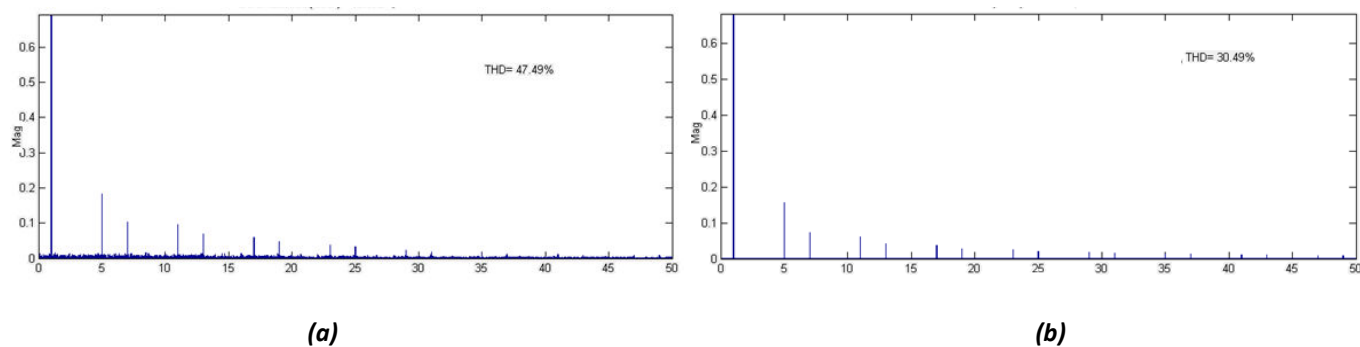


Fig. 12. Ordre des harmoniques de courant de la source et le TDH avant action du FAS : (a) commande par MLI ; (b) commande par hystérésis

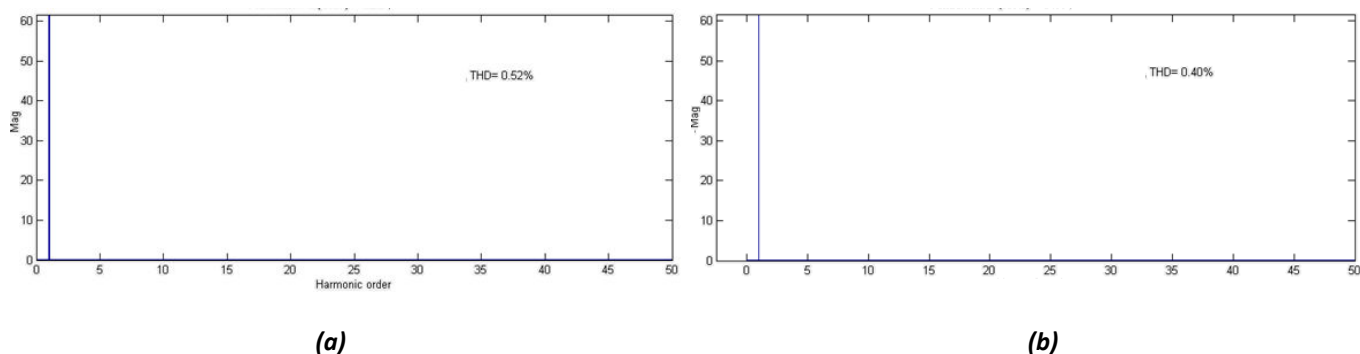


Fig. 13. Ordre des harmoniques de courant de la source et le TDH après action du FAS : (a) commande par MLI ; (b) commande par hystérésis

Les ondes du courant de la source $I_s(t)$ et de la charge $I_c(t)$ après application du filtre actif dans le cas de la commande par hystérésis ont des formes plus régulières que celles de la commande par MLI. Leurs taux de distorsion harmonique (TDH) est plus faible (0,40 %) contre (0,52 %) pour la commande par MLI comme montré figure 12.

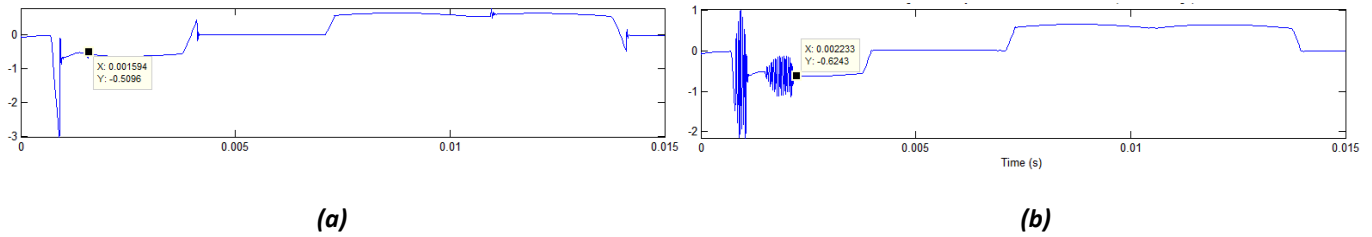


Fig. 14. Temps de réponse en régime dynamique (a) de la commande par MLI (b) commande par hystérésis

Le tableau 2 donne une synthèse comparative des deux types de commande.

La commande par MLI a un temps de réponse plus court que la commande hystérésis (figure 14). Le seul paramètre de régulation dans la commande hystérésis est la largeur de la bande d'hystérésis qui détermine l'erreur sur les courants et la fréquence de commutation, c'est ce qui fait de la commande hystérésis une commande robuste et facile à mettre en œuvre. Elle possède un bon temps de réponse en régime dynamique, une bonne stabilité et une bonne précision [8]. Mais la fréquence de commutation reste inconnue ou plutôt non contrôlable alors qu'en commande MLI la fréquence de commutation est contrôlable à travers la fréquence de la modulatrice.

Tableau 2. Caractéristiques des commandes MLI et Hystérésis

	COMMANDE MLI	COMMANDE HYSTERESIS
Forme d'onde du courant de sortie $I_s(t)$	Bonne	Bonne
TDH avant filtrage	47.49 %	30,49 %
TDH après filtrage	0.52 %	0.40 %
Durée du Régime dynamique	1.59 mS	2.23 mS
Stabilité	NON	OUI
Contrôlabilité	OUI	NON

6 CONCLUSION

L'étude comparative par simulation des commandes par Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) et par Hystérésis, des filtres actifs shunts triphasés montre, d'après les résultats de simulation que la commande par MLI a des propriétés dynamiques qui peuvent être limitatives, et la réponse du système lors d'un changement brutal des signaux de référence est plus lente que celle d'une commande par hystérésis. La commande hystérésis semble meilleur pour la dépollution harmonique des réseaux électriques que la commande par MLI. Cependant la non contrôlabilité de la fréquence de commutation qui est la faiblesse de la commande par hystérésis peut être améliorée en combinant les deux types de commande (hystérésis et MLI).

REMERCIEMENTS

Nos remerciements au CEA-MITIC de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis qui a accepté d'appuyer l'aboutissement de ces travaux.

REFERENCES

- [1] A. F. Hanna, Nohra, M. Fadel and H. Y. Kanaan, "A novel instantaneous power based control method for a four-wire SAPF operating with highly perturbed mains voltages," 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Taipei, Taiwan, pp. 1236-1241. 2016
- [2] Shraddha Dhumal, Jalaja Gundi Poonam Khrid, Manashri Yadav, M.D. Tuljapurkar " Detection of Harmonics in distribution System using FFT with case studies " International Journal for Scientific Research and Development, Vol.3 Issue 04, pp 75-82. 2015.
- [3] Farooq Haroon, Chengke Zhou, Mohamed Emad Farrag " Analysing the harmonic distortion in a distribution system caused by the non-linear residential loads " International Journal of Smart Grid and Clean Energy, Vol. 2, Issue, pp. 46-51. 2013

- [4] Liva Falisoa Rafanotsimiva, Gildas Besançon, Didier Georges, Eric Jean Roy Sambatra et Jean Marie Razafimahenina, "Modélisation multimodèle et commande par compensation parallèle distribuée d'un système SMIB", Mada-ENELSA, Vol. 1, pp .9-14. 2013
- [5] Gupta Shuvashis Das, Raihan Faruq, Ashraful Bari Chowdhury "A comparative study on harmonics of different electric Bulbs" American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 5 pp. 156-166, 2016
- [6] Abdourahimoun Daouda, Saïdou Madougou, Abdoul Aziz Ibrahim "Global Harmonic Rate Assessment in the Electricity Distribution Network in Niamey City: Case Studies of Domestic, Industrial and Hospital Substations"Energy and Power Engineering, Vol. 9, pp. 786-801.2017
- [7] Javadi Alireza, Hamadi Abdelhamid, Woodward Lyne, Al-Haddad Kamal "Experimental Investigation on a Hybrid Series Active Power Compensator to Improve Power Quality of Typical Households", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 63, pp .1-1,Aout 2016
- [8] Djeghloud Hind, Benalla. H, Bentounsi. A, "Supply current and load voltage distortions suppression using the unified power quality conditioner", 5th International Multi conference on Systems, Signals and Devices, pp.1 – 6, Aout 2008.
- [9] P. C. Tan, A. Jusoh and Z. Salam, "A Single-Phase Hybrid Active Power Filter Connected to a Photovoltaic Array," 2006 3rd IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives - PEMD 2006, The Clontarf Castle, Dublin, Ireland, pp. 85-89 .2006
- [10] A. Hamadi, S. Rahmani and K. Al-Haddad, Fellow, <<A New Hybrid Series Active Filter Configuration to Compensate Voltage Sag, Swell, Voltage and Current Harmonics and Reactive Power >>IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009) Seoul Olympic Parktel, Seoul, Korea July 5-8, 2009
- [11] D. Ould Abdeslam, P. Wira, D. Flieller, J. Merckle "Power harmonic identification and compensation with an artificial neural network method", 2006 IEEE International Symposium on Industrial Electronics , Vol. 3 pp. 1732 - 1737, 2006
- [12] L. P. Ling, N. A. Azli, "SVM based hysteresis current controller for a three-phase active power filter," *PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004.*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 132-136. 2004
- [13] M.A.E. Alali; Y.-A. Chapuis; S. Saadate; F. Braun "Advanced common control method for shunt and series active compensators used in power quality improvement", IEE Proceedings - Electric Power Applications, Volume: 151, Issue: 6, pp. 658 - 665, 2004.

CRISTAL DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *MONDIA WHITEI* (HOOK. f.) SKEELS : ISOMERE DE LA VANILLINE (2-HYDROXY-4-METHOXY-BENZALDEHYDE)

Belline NDZELI LIKIBI¹, Aimé Bertrand MADIELE MABIKA¹, GOUOLLALY TSIBA¹, Jean-Marie MOUTSAMBOTE², Samuel NSIKABAKA¹, and Jean-Maurille OUAMBA¹

¹Unité de Chimie du Végétal et de la Vie (UC2V), Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, BP 69, Brazzaville, Republic of the Congo

²Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien Ngouabi, BP 69, Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2020 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 essential oil of *Mondia whitei* dry roots (Hook, f.) Skeels, harvested at Kindamba, in the Pool Department, south of Congo Brazzaville was extracted by hydrodistillation with a yield of 0.50%. Gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC / MS) were used to characterize the chemical profile of the gas chromatography, then it was subjected to physicochemical analyzes. The physical and chemical properties evaluated were the refractive index and the acid number. The values of the refractive index in ether and in acetone are respectively 1.3703 and 1.3713 that of the determined acid number is zero.

Taking into account the high proportion of 2-hydroxy-4-methoxy-benzaldehyde (99.85%), this oil could be a source of production of 2-hydroxy-4-methoxy-benzaldehyde useful for agri-food needs and a formulation necessary for Pharmaceutical industry.

KEYWORDS: essential oil, *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels, hydrodistillation, isomer of vanillin.

RESUME: L'huile essentielle des racines sèches de *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels, récoltées à Kindamba, dans le département du Pool, au sud du Congo Brazzaville a été extraite par hydrodistillation avec un rendement de 0,50%. La chromatographie en phase gazeuse (CPG) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) a été mise en œuvre pour caractériser le profil chimique de celle-ci, ensuite elle a été soumise aux analyses physico-chimiques. Les propriétés physique et chimique évaluées ont été l'indice de réfraction et l'indice d'acide. Les valeurs de l'indice de réfraction dans l'éther et dans l'acétone sont respectivement 1,3703 et 1,3713, celle de l'indice d'acide déterminée est nulle. L'étude chromatographique et spectrométrique a révélé la présence d'un seul constituant, l'aldéhyde aromatique, à savoir le 2-hydroxy-4-méthoxybenzaldéhyde, isomère de la vanilline, représentant (99,85%) de l'huile essentielle totale.

Tenant compte de la proportion importante du 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde (99,85%), cette huile pourrait être source de production du 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde utile pour des besoins agroalimentaire et une formulation nécessaire pour l'industrie pharmaceutique.

MOTS-CLEFS: huile essentielle, *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels, hydrodistillation, isomère de la vanilline.

1 INTRODUCTION

Plante originaire d'Afrique tropicale, *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels est rencontrée dans la majeure partie de l'Afrique centrale, australe, orientale et en Asie. Genre appartenant à la famille des Apocynaceae, qui comprend deux espèces, parmi lesquelles l'espèce *whitei*, toutes deux en Afrique tropicale. C'est une liane grimpante atteignant 8 à 10 mètres de long, aux

feuilles larges opposées et simples [1]. Les fleurs bisexuées sont régulières, exhalant une odeur désagréable. Les racines sont aromatiques, ligneuses avec l'âge (Figure 1). Les graines brunes foncées sont ovoïdes, mesurant 8 à 10 millimètres de long, celles-ci portent une touffe de poils de 2 à 2,5 centimètres de long à l'apex. Les inflorescences sont ramifiées, de couleur pourpre rougeâtre [2]. En agroalimentaire, *Mondia whitei* est utilisée comme arôme alimentaire et comme source de vitamines A, D, K et E, de minéraux tels que le magnésium, le calcium, le fer, le sélénium et le zinc et de protéines [3]. Traditionnellement, elle est utilisée en cuisine pour assaisonner la nourriture et parfumer le thé. Dans toute l'Afrique, les racines de *Mondia whitei* sont utilisées comme aphrodisiaque pour augmenter la production des spermatozoïdes, accroître le désir et les performances sexuelles [4]. Ainsi, au Congo, elle a la réputation d'être un aphrodisiaque et est très cultivée pour approvisionner les boutiques et les marchés du pays [5]. Au Bénin, elle est utilisée pour traiter le paludisme [6]. En Afrique du Sud, les racines se mastiquent pour traiter la dépression [7]. Au Cameroun, les racines se mastiquent pour traiter l'impuissance sexuelle [8]. En Ouganda, *Mondia whitei* intervient pour résoudre le problème de l'impuissance sexuelle [9] ; aussi, la poudre de ces feuilles séchées est ajoutée aux aliments pour les relever. De plus, elle est utilisée pour traiter l'infertilité [10].

Les études pharmacologiques antérieures effectuées ont montré que *Mondia whitei* a une activité antidysérectile [11] ; l'extrait à l'éthanol de *Mondia whitei* a attesté une activité aphrodisiaque [12]. L'huile essentielle des racines de *Mondia whitei* a démontré une activité antimicrobienne sur divers organismes pathogènes [13].

S'agissant des études chimiques, la composition chimique des extraits de *Mondia whitei* a fait l'objet de nombreux travaux. En effet, la littérature révèle que les extraits de *Mondia whitei* sont constitués majoritairement de 2-hydroxy-4-méthoxybenzaldéhyde ou paraméthoxysalicyaldéhyde, un puissant inhibiteur de la tyrosinase [14], c'est le cas de l'huile essentielle de *Mondia whitei* du Congo avec une forte teneur de 99% [15], de l'extrait au chlorure de méthylène du Taiwan [16]. Cependant, certains extraits sont caractérisés par la présence d'autres composés comme le coumarinolignane, dans l'huile essentielle du Togo [17], l'isovanilline (3-hydroxy-4-méthoxybenzaldéhyde), dans l'extrait au chlorure de méthylène de l'Afrique du Sud [18]. Pour la première fois les coumarines ont été isolées de *Mondia whitei* [19]. Le (-) - loliolide qui présente une affinité *in vitro* au transporteur de la sérotonine (Sert) dans un test de liaison, l'un des neurotransmetteurs qui jouent un rôle dans la psychopathologie de la dépression a été isolé de *Mondia whitei* [20]. L'huile essentielle de *Mondia whitei* d'origine nigériane a été caractérisée avec comme constituants majeurs le (E)-2-hexène-1-ol (25.96%), l'heptacosane (20.94%), le phytol (15.60%), le 1-hexanol (8.94%), le (E)-2-hexanal (4.24%) et le 2-hydroxy-p-anisaldéhyde (4.21%) [13]. Au Congo peu d'études ont été consacrées à *Mondia whitei*. Ce présent travail vise à déterminer la composition chimique de l'huile essentielle de *Mondia whitei* se présentant sous la forme des cristaux, extraite des racines de cette espèce.



Fig. 1. Racines de l'espèce *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les échantillons de *Mondia whitei* récoltés en Janvier 2019 à Kindamba, dans le département du Pool, au sud du Congo Brazzaville ont été identifiés par les botanistes de l'Herbier National du Congo. Seules les racines ont été sélectionnées pour l'étude.

2.2 EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Après huit (8) jours de séchage à la température ambiante, dans une salle aérée, les échantillons *Mondia whitei* constitués des racines sèches sont soumis à une hydrodistillation durant quatre (4) heures à l'aide d'un extracteur type (Clevenger, 1928) muni d'un ballon de deux (2) litres. Le condensât chargé d'huile essentielle et de l'hydrolat est recueilli. L'huile essentielle est séparée de l'hydrolat par décantation. L'extraction à l'éther diéthylique est effectuée pour isoler la phase aqueuse de l'huile essentielle suivie du séchage de la phase éthérée par le sulfate de sodium anhydre. Vingt et quatre (24) heures après évaporation de l'éther diéthylique à l'air, l'huile essentielle est récupérée. Ces conditions opératoires sont résumées dans le tableau I. Le rendement R en huile essentielle est calculé selon la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Masse d'huile essentielle (g)}}{\text{Masse du matériel végétal utilisé (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Tableau 1. Conditions opératoires de l'hydrodistillation des racines de *Mondia whitei* (Hook.f.) Skeels

Matière végétale	<i>Mondia whitei</i> (Hook.f.) Skeels
Organes	Racines
Quantité de matière sèche (g)	409
Quantité d'eau en (L)	1
Temps d'exécution de l'opération en (h)	4

2.3 CARACTÉRISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

Les propriétés organoleptiques (l'aspect, la couleur et l'odeur) ont été évaluées à base de la méthode sensorielle impliquant la vue et l'odorat.

2.4 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

2.4.1 INDICE DE RÉFRACTION

L'indice de réfraction est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à la température constante [21]. Il est lié à la fonction chimique à laquelle appartient l'huile essentielle et dépend aussi de l'acidité, de la polymérisation de l'huile essentielle.

La mesure a été effectuée à l'aide d'un réfractomètre Abbé type Novex. La méthode décrite par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) a été appliquée [21]. Elle a consisté à mettre deux (2) à trois (3) gouttes d'huile essentielle sur le prisme du réfractomètre. Regarder dans l'oculaire en tournant le bouton de réglage jusqu'à ce la ligne de séparation de la zone claire et de la zone sombre soit au centre du réticule. Lire ensuite la valeur de l'indice de réfraction de l'huile essentielle sur l'échelle de lecture. L'indice est donné par lecture sur le réfractomètre à la température T à laquelle la lecture est effectuée. Celui-ci est ramené à 20°C selon la formule suivante :

$$n_{20} = n_T + 0,00045(T-20) \quad (2)$$

Avec T : température à la lecture est effectuée

2.4.2 INDICE D'ACIDE

L'indice d'acide (Ia) est le nombre de milligramme de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides libres renfermés dans 1 gramme d'huile essentielle (AFNOR, 2000). Il permet de vérifier la qualité d'une huile essentielle, notamment la détérioration et le vieillissement de celle-ci au cours du temps de stockage. La méthode décrite par l'Association of Official Analytical Chemists [22] a été appliquée pour déterminer l'indice d'acide. Elle consiste à mettre 1gramme d'huile essentielle dans un erlenmeyer dans lequel 5 millilitres (mL) d'éthanol à 95% et 5 gouttes de phénolphtaléine sont ajoutés. Le mélange est réchauffé dans un bain marie jusqu'à environ 65°C pendant 10 minutes. Après refroidissement, celui-ci est titré par une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration 0,1N à l'aide d'une burette, jusqu'à ce que la solution vire au rose. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau 2.

Ainsi, l'indice d'acide est déterminé par la formule suivante :

$$I_a = 0,56 \times V/m \quad (3)$$

Avec

V : volume de la solution de KOH.

m : masse d'huile essentielle en gramme

Tableau 2. Conditions opératoires de détermination de l'indice d'acide

Paramètres	Valeurs
Masse d'huile essentielle en (g)	1
Concentration KOH (mol/L)	0,1
Volume d'éthanol (mL)	5
Quantité de phénolphthaléine (gouttes)	5

2.5 ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

2.5.1 ANALYSE PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

La quantification des constituants a été effectuée à l'aide d'un chromatographe de type Hewlett Packard HP 5890 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme muni d'un logiciel d'acquisition des données *HP ChemStation*. La séparation des différents constituants se fait à l'aide d'une colonne capillaire DB5 (30m x 0,25mm), (épaisseur du film 0,25µm) dans les conditions opératoires suivantes : gaz vecteur hélium (1 ml.min⁻¹), température de l'injecteur : 280°C, température du détecteur : 280°C. Le four est programmé à 50°C pendant 5 minutes avec un gradient de 5°C.min⁻¹ de 50 à 300°C, 5 minutes à 300°C avec une injection mode split de 1-20.

2.5.2 ANALYSE PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE-SPECTROMÉTRIE DE MASSE

L'analyse par Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse a été réalisée à l'aide d'un chromatographe de marque Hewlett Packard HP 6890 couplé à un spectromètre de masse HP 5973. La séparation des différents constituants se fait à l'aide d'une colonne capillaire DB5 (30m x 0,25mm), (épaisseur du film 0,25µm) dans les conditions expérimentales suivantes : gaz vecteur : (hélium : 1 ml.min⁻¹), énergie d'ionisation (70eV), température de l'injecteur (280°C), température du détecteur (280°C). Le four est programmé de 50°C pendant 5 minutes avec un gradient de 5°C.min⁻¹ de 50 à 300°C, 5min à 300°C avec une injection mode split1-10

2.5.3 IDENTIFICATION DES CONSTITUANTS

Les différents constituants de l'huile essentielle ont été identifiés sur la base de leurs indices de rétention et de leurs spectres de masse par comparaison avec les données de la littérature [22], [23], [24].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 EXTRACTION ET RENDEMENT DES HUILES ESSENTIELLES

L'extraction par hydrodistillation des racines sèches de *Mondia whitei* fournit une huile essentielle sous forme des cristaux beiges à la température ambiante, (tableau III) avec un rendement de 0,50%. Ce rendement est faible par rapport à celui obtenu au Congo par Ouamba en 1991 qui s'élève à 1,40%. Cette variation pourrait être attribuée non seulement à l'origine de la plante mais aussi à la période de la récolte.

Tableau 3. *Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels*

Espèces	Normes AFNOR (AFNOR, 2000)			HE étudiées		
	Aspect	Couleur	Odeur	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Mondia whitei</i> (Hook.f.) Skeels	Cristaux	Blanche	Prononcée de vanille	Cristaux	Beige	Suave épicée

Tableau 4. *Rendement d'extraction des huiles essentielle des racines sèches de *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels*

Espèces	Rendement%	
	Notre étude	Etudes antérieures/origine
<i>Mondia whitei</i> (Hook. f.) Skeels	0.50	1.40 [15]/ Congo



Fig. 2. *L'huile essentielle de *Mondia whitei* (Hook.f.) Skeels sous forme des cristaux à la température ambiante*

3.2 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

3.2.1 INDICE DE RÉFRACTION

Les indices de réfraction obtenus à 20°C de l'huile essentielle de *Mondia whitei* dans l'éther et dans l'acétone sont respectivement 1,3703 et 1,3713 (tableau V). L'analyse de ce tableau montre que ces indices sont élevés. En effet, les valeurs des indices de réfraction des huiles essentielles sont généralement élevées, supérieures à celles de l'eau à 20°C (1,333). De plus, l'indice de réfraction de *Mondia whitei* déterminé dans l'éther est supérieur à celui déterminé dans l'acétone.

3.2.2 INDICE D'ACIDE

Lors du titrage de l'huile essentielle par la solution d'hydroxyde de potassium (KOH), nous n'avons pas observé l'apparition de la coloration rose qui marque la neutralité. Ce qui montre que l'huile essentielle de *Mondia whitei* ne contient pas d'acide.

Tableau 5. *Indices de réfraction à 20°C de l'huile essentielle de *Mondia whitei* (Hook f.) Skeels*

Espèce	Indice de réfraction à 20°C	Indice d'acide
<i>Mondia whitei</i> (Hook.f.) Skeels dans l'éther	1.3703	0
<i>Mondia whitei</i> (Hook.f.) Skeels dans l'acétone	1.3713	

3.3 COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE

3.3.1 *MONDIA WHITEI* (HOOK. F.) SKEELS

Les résultats de l'analyse chimique de l'huile essentielle extraite des racines de *Mondia whitei* sont portés dans le tableau VI. Les profils chromatographiques (GC-SM) et (GC-FID) sont donnés dans les figures 4 et 5. L'analyse par chromatographie en

phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse a permis l'identification d'un seul composé, l'aldéhyde aromatique, le 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde représentant 99,85% de l'huile essentielle totale.

On observe des ressemblances qualitative et quantitative avec les résultats rapportés en 1991 au Congo [15], qui décrivent une huile essentielle contenant le 2-hydroxy- 4-methoxy benzaldéhyde à 99%.

Cependant, on note aussi des disparités qualitatives avec l'extrait du Togo qui contient le coumarinolignane [17]. Et aussi avec l'huile essentielle d'origine Sud-africaine qui renferme l'isovanilline (3-hydroxy-4-methoxy benzaldéhyde) [18].

Tableau 6. Composition chimique de l'huile essentielle extraite des racines des *Mondia whitei* (Hook.f.) Skeels

N°	Composé	IK	%
1	2-hydroxy-4-methoxy benzaldéhyde	1344	99.85

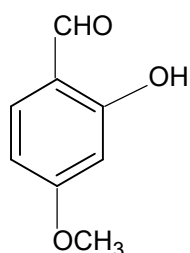


Fig. 3. Structure chimique du composé majeur de l'huile essentielle de *Mondia whitei* (Hook f.) Skeels

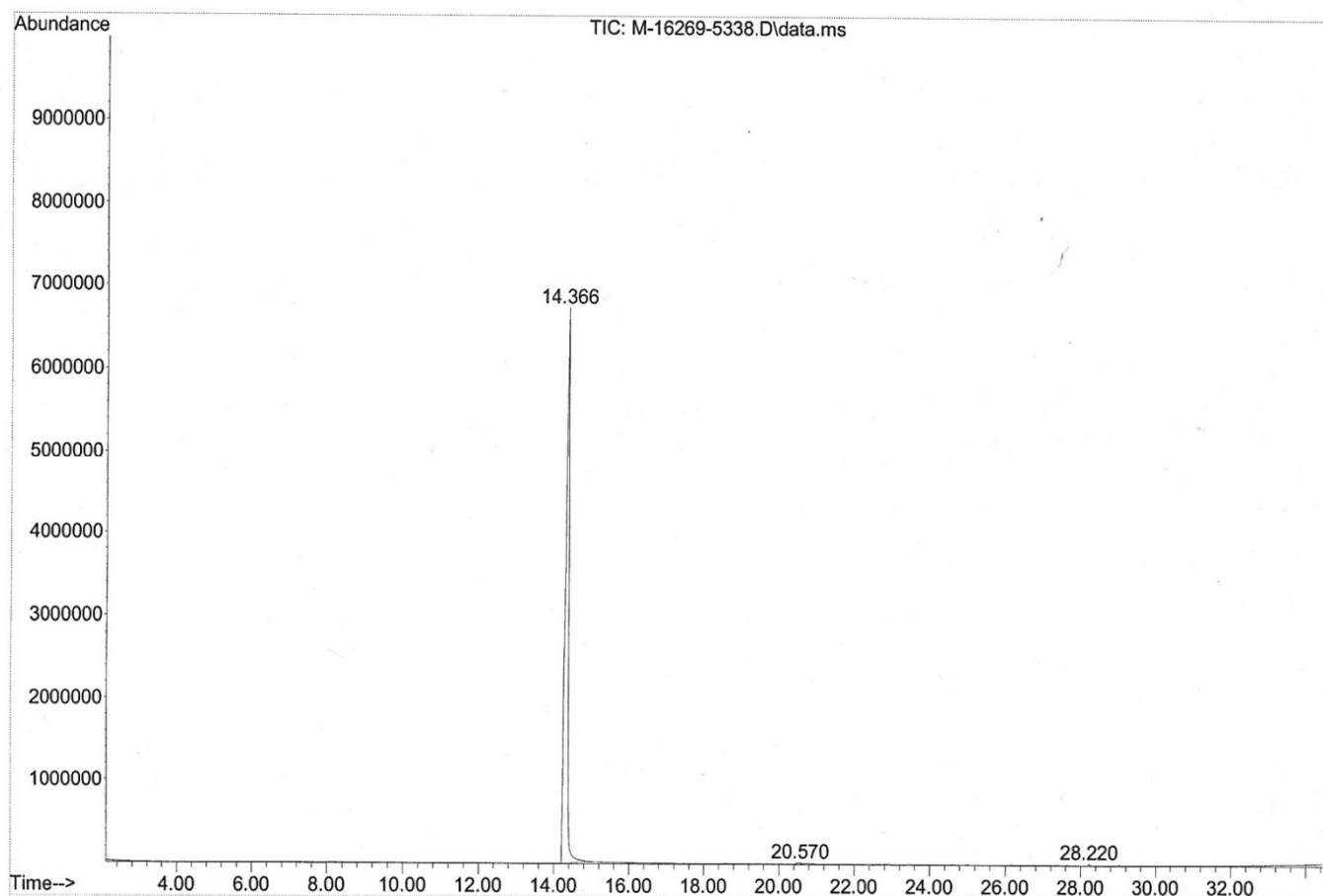


Fig. 4. Chromatogramme (GC-MS) de l'huile essentielle de *Mondia Whitei* (Hook. f.) Skeels

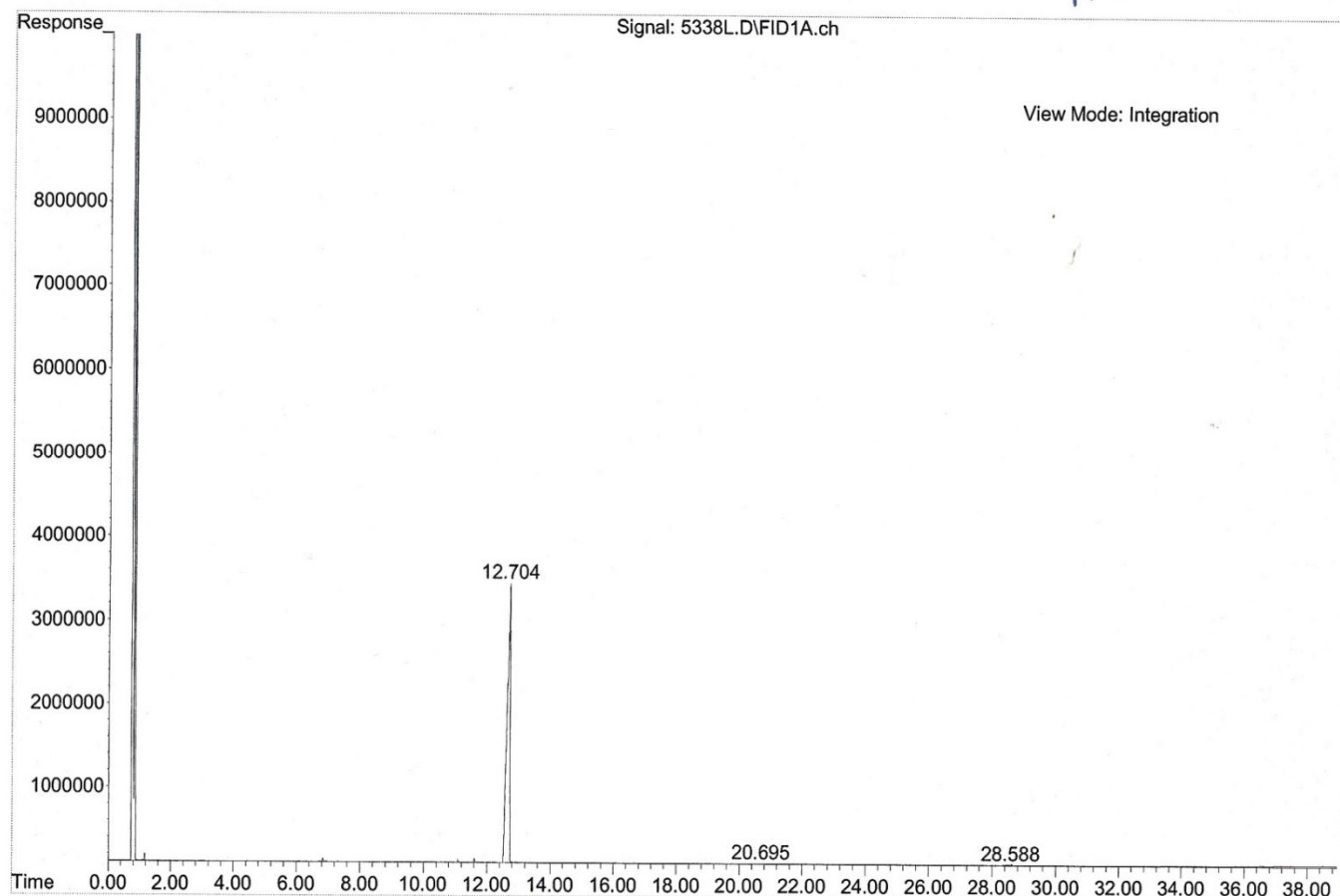


Fig. 5. Chromatogramme (GC-FID) de l'huile essentielle de *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels

4 CONCLUSION

L'huile essentielle de *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels est riche en aldéhyde aromatique, le 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde, un composé pur avec une proportion très élevée, près de 100%. Tenant compte de la proportion importante du 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde (99,85%), cette huile pourrait être source de production du 2-hydroxy-4-méthoxy-benzaldéhyde utile pour des besoins agroalimentaires et une formulation nécessaire pour l'industrie pharmaceutique. En effet, le para-méthoxysalicyaldéhyde est utilisé pour ses vertus aromatiques (pour la fabrication d'arôme vanille, chocolat et banane) (MC-Geoch, 2004). De plus, l'arôme de vanille est le plus utilisé dans l'industrie alimentaire dont 75% de production mondiale est d'origine synthétique [26]. C'est aussi un produit intermédiaire pour la production des dérivés à intérêt pharmaceutique

REFERENCES

- [1] H.J.T. Venter, R.L. Verhove, P.V. Bruyns, Morphology and taxonomy (Apocynaceae: Periplocaceae), *South African Journal of Botany*, vol. 75, no. 3, pp. 456-465, 2009
- [2] P. Watcho, P. Kamtchouing, S. D. Sokeng, P. F. Moundipa, J. Tantchou, J. L. Essame, N. Koueta, Androgenic effect of *Mondia whitei* roots in male rate. *Asian Journal of Andrology*, vol. 6, pp. 269-272, 2004.
- [3] L. Mc Geoch, Plant ecology in human context: *Mondia whitei* in kakamega forest, Kenya. Providence, U.S.A: Center for environmental studies, Brown University. Providence, Rhode Island, USA, pp.1-80, 2004.
- [4] F. Lampiao, D. Krom, S. Dupless, The in vitro effects of *Mondia whitei* on Human sperm motility parameters, *Phytothérapie Research*, vol. 22, no. 9, pp.1272-1273, 2008.
- [5] A. Bouquet, Pharmacopée et plantes médicinales congolaises (République Populaire du Congo), *Etudes Médicales*, vol. 1, pp. 57-66, 1975.

- [6] H. Merel, Akpovi akoègninou, Van der Maesen L., G. Jos, Medicinal plants use to treat Malaria southern Benin, *Economic Botanic*, vol. 58, pp. 239-252, 2004.
- [7] R. Patnam, S. S. kadali, K. H. Koumaglo, & Roy R. A chlorinated coumarinolignanes from African medicinal plants, *Mondia whitei*. *Phytochemistry*, vol. 66, pp. 683-686, 2005.
- [8] D. A. Focho, W. T. Ndam. and B. A. Fonge, Medicinal plants of Aguambu-Bamumbu in the lebialem highlands, southwest province of Cameroun, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 3, no. 1, pp. 001-013, 2009.
- [9] G. A. Jacob; B. Katongole; D. Waiswa; G. Nsubugana, Market survey of *Mondia whitei* (Mulondo) roots in Kampala city, Uganda, *Afr. J. Tradit. Complement Alter Med*, vol 5, no. 4, 399-408, 2008.
- [10] F. Lampiao, The role of *Mondia whitei* in reproduction: a review evidence, *Internat., Journal of Third world Medicine*, vol.8, no.1, pp. 1536-1646, 2009.
- [11] M. Carpentier, S. Sahpaz and F. Bailleul, Plante et dysfonction érectile, *Phytothérapie*, vol. 2, no.3, pp. 66-71, 2004.
- [12] G. M. Gundidza, V. M. Mmbengwa, M.L. Magwa, N. J. Ramalivhana, N. T. Mukwevho, W. Ndaradzi and A. Samie, Aphrodisiac properties of some Zimbabwean medicinal plants formulation, *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, no. 22, pp. 6402-6407, 2009.
- [13] T.G. Idayat and A. A. Sherifat, Essential oil constituents and in vitro antimicrobienne activity of root of *Mondia whitei* (Hook. f.) Skeels (Periplocaceae), *Journal of Pharmacognosy and phytotherapy*, vol. 8, no. 8, 163-167, 2016.
- [14] I. Kubo, and I. Kinst-Hori, 2-hydroxy-4-methoxybenzaldehyde: A potent tyrosine inhibitor from African medicinal plant, *Plant a medica*, vol. 65, no.1, pp.19-24, 1999.
- [15] J.M. Ouamba, Valorisation chimiques des plantes aromatiques du Congo. Extraction et analyse des huiles essentielles. Oximation des aldéhydes naturels, Thèse de Doctorat d'Etat de Montpellier II. Montpellier, France, 341p., 1991.
- [16] Chen Yungwu ; Chen Hsinchun ; Kuo Xhaokai ; Chang Longzen, Volatile flavors compounds in *Mondia whitei*, *Journal of Taiwan Society for Horticultural Scienc.*, vol. 55, no.1, pp. 55-62, 2009.
- [17] P. Ramesh, S. K. Satya, H. Kossi Koumaglo and R. Roy, A chlorinated coumarinolignan from the African medicinal plant, *Mondia whitei* (Hook f.), *Phytochemistry*, vol. 66, no. 6, pp. 683-686, 2005.
- [18] N. A. Koorbanally, D. A. Mulholland; N. R. Crouch, Isolation of isovanillin from aromatic roots of medicinal African liane *Mondia whitei*, *Journal of Herbs, Spices and Medical Plants*, vol.7, no. 3, pp.37-43, 2000.
- [19] R. Patnam, S. S. kadali, K. H. Koumaglo & R. Roy, A chlorinated coumarinolignanes from African medicinal plants, *Mondia whitei*, *Phytochemistry*, vol. 66, pp. 683-686, 2005.
- [20] J.S. Neergaard, H. B. Rasmussen, G.I. Safford, J. Van Staden & Jäger, Serotonin transporter affinity of (-)-loliolide, a monoterpene lactone from *Mondia whitei*, *South African Journal of Botany*, vol. 76, pp. 593-596, 2010.
- [21] AFNOR, «Recueil des normes : les huiles essentielles, Tomes 2, Monographies relatives aux huiles essentielles» AFNOR, Paris, pp. 661-663, 2000.
- [22] AOAC, Official methods of analysis (15th ed) Washington, VA: Association of official analytical chemists, 1990.
- [23] R.P. Adams, Identification of essential oils by gaz chromatography quadrupole mass spectroscopy, Carol Stream. IL, USA : Allured Publishing Corporation, p. 101, 2001.
- [24] NW. Davies, Gas Chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases, *J. Chromatogr.*, vol. 503, pp.1.
- [25] B. Bouthin, J. Hirtzlin, E. Schmitt, La vanille dualité synthétique naturel. [Resource électronique] disponible sur : http://www.prepa-cpe.fr/document La_vanille.pdf, 2006.

Analyse des déterminants de l'utilisation des MILDA en milieux précaires : cas du département d'Agboville en Côte d'Ivoire

[Analysis of the determinants of the use of the LLINs in precarious environments : case of the department of Agboville in Côte d'Ivoire]

AYACHI Vianney

Doctorant en 4^{ème} année de Sciences Economiques, Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: Malaria is the primary reason for consultation, hospitalization and death in health services in Côte d'Ivoire. It is estimated that malaria-related hospital mortality increased from 22% in 2002 to 33% in 2003. In 2010, it was around 50,17% then 43% in 2012. Given the scale of the disease, free impregnated mosquito nets initiated by the national malaria control program have been introduced on the national territory to curb the rising tide of this scourge. The present study, through a logistic regression, aims to analyze in this context of shipping, the main factors that best explain the use of LLNs in these precarious environments. The logit model estimates that, the means of information, the marital status, the knowledge of the causes of malaria, the level of education and the alternatives explain the use of LLNs.

KEYWORDS: determinants, LLINs, malaria, logit, Agboville.

RÉSUMÉ: Le paludisme constitue le premier motif de consultation, d'hospitalisation et de décès dans les services de santé en Côte d'Ivoire. Selon les estimations, la mortalité hospitalière liée au paludisme est passée de 22% en 2002 à 33% en 2003. En 2010, elle était de l'ordre 50,17% puis 43% en 2012. Vu l'ampleur de cette maladie, des campagnes de distribution gratuite des moustiquaires imprégnées initiées par le Programme National de la Lutte contre le Paludisme ont été introduites sur tout le territoire national pour freiner la marée montante de ce fléau. La présente étude, par le biais d'une régression logistique vise à analyser dans ce contexte de gratuité, les principaux facteurs qui expliquent aux mieux l'utilisation des MILDA dans ces milieux précaires. Il ressort de l'estimation du modèle logit, que les moyens d'information, le statut matrimonial, la connaissance des causes du paludisme, le niveau d'éducation et les alternatives expliquent l'utilisation des MILDA.

MOTS-CLEFS: déterminants, MILDA, paludisme, logit, Agboville.

1 INTRODUCTION

Le paludisme est la maladie tropicale la plus répandue dans le monde. Il constitue une épidémie parasitaire majeure responsable d'un nombre important de malades et de décès dans les pays tropicaux (OMS, 2000). Il reste un problème d'ampleur global menaçant plus de 40 % de la population mondiale. Environ 3,2 milliards de personnes vivent dans les régions à risque (OMS, 2005).

D'après les estimations (Akimali, 2008), son indice est de 300 à 500 millions de cas cliniques chaque année dont environ 90% se produisent en Afrique subsaharienne, la plupart étant due au *plasmodium falciparum*. Le *plasmodium falciparum* est le parasite de la maladie. Il tue entre 1,1 et 2,7 millions de personnes dans le monde chaque année dont environ 1 million sont les enfants de moins de cinq ans (OMS, 2000). Les charges sociales et économiques qui résultent du paludisme sont énormes et sont principalement portées vers les populations les plus pauvres. En Afrique subsaharienne, la perte annuelle du produit intérieur brut due au paludisme avoisine plus de 12 milliards USD (Sachs et al, 2002).

Parmi les pays les plus touchés figurent la Mozambique, le Nigeria, la Tanzanie, l'Ouganda et la Côte d'Ivoire qui réunissent à eux seuls 47 % des cas recensés (Roll Back Malaria, 2013). En Côte d'Ivoire, le paludisme figure parmi les principales causes de mortalité et de morbidité. Il représente 43 % des motifs de consultations, 62 % des hospitalisations des moins de cinq ans dans les services de santé publics et un tiers de ces hospitaliers (Ministère de Santé, 2011). Près de 12 % des cas avérés et 11,8 % de mortalité infantile sont en générale en grande partie due à cette maladie. Sur les périmètres agricoles, scolaires et professionnels, selon les statistiques, il constitue 50 % des pertes de revenus agricoles, 40 % des causes d'absentéisme à l'école et 42 % d'absentéisme en milieu professionnel.

La survenue de la maladie pourrait être expliquée par plusieurs facteurs liés aux activités et comportements humains. Parmi ceux-ci, l'on note les activités qui favorisent la rétention d'eau. C'est le cas par exemple de la riziculture, les barrages et les canaux d'irrigation des cultures maraichères. Des auteurs comme Carnevale et al (1999) et Coosemans (1985) ont souligné que, la riziculture irriguée pouvait être un facteur de risque pour la santé à cause de la multiplication des anophèles. A cela il convient d'ajouter les conflits armés, les facteurs climatiques et socio-environnementaux. Le climat, à travers la pluviométrie, favorise l'apparition des marées d'eau. Les marées d'eaux constituent par excellence le lieu de développement des larves d'anophèles. Des études empiriques notamment celle de Memain (2003) ont révélé que la prévalence du paludisme était significativement plus importante en saison pluvieuse que la saison sèche.

La théorie économique du capital humain développée dans les années 1960 par Becker suppose que le mauvais état de santé a des répercussions négatives sur la capacité et la productivité de la population active, donc sur la production et le revenu. Le paludisme pourrait avoir ces effets (Audibert et al, 2009). En zone endémique, il constitue une cause majeure d'anémie chez la femme enceinte et de faible poids à la naissance pour le nouveau née (OMS, 2000). Véritable fléau, le paludisme continue toujours de faire des ravages en dépit des mesures de lutte et de contrôle prises par plusieurs gouvernements africains.

Après la découverte du vecteur et du parasite dans les années 1957, l'OMS s'est donnée pour objectif d'éradiquer le paludisme au moyen de la chloroquine. Pendant plus de 50 ans, cette molécule a révélé son efficacité dans le traitement curatif de la maladie. Depuis l'émergence de la résistance des vecteurs aux insecticides, du parasite aux antipaludiques dont la chloroquine et en l'absence d'un vaccin, l'OMS a décidé de redimensionner ses ambitions en accordant une attention particulière aux méthodes de protections individuelles et collectives.

Le sommet d'Abuja, sur *l'initiative faire reculer le paludisme*, sera le lieu d'une véritable prise de conscience pour les pays participants dont la Côte d'Ivoire. L'objectif visé était de parvenir à une couverture universelle de 60% à l'horizon 2010 et de 80% au-delà de cette période. En Côte d'Ivoire, le nombre de malades hospitalisés du paludisme est passé de 50 % à 43 % de 2008 à 2010. L'incidence déclarée du paludisme dans la population générale est passée de 69,25 cas pour 1000 en 2006 à 94,55 cas pour 1000 en 2010 et à 111,86 cas pour 1000 en 2012 (DIPE, 2013). Cette situation pourrait s'expliquer par la crise sociopolitique qu'a connue le pays et qui a eu des répercussions sur le niveau de vie et le système de santé.

Pour lutter efficacement contre ce fléau qui fait payer un lourd tribut aux populations démunies, la Côte d'Ivoire a adhéré à la déclaration d'Abuja qui consiste à rendre accessibles les MILDA aux populations. La lutte contre le paludisme est marquée par une campagne de distribution gratuite des moustiquaires imprégnées aux populations.

Malgré cette politique de gratuité, le niveau d'utilisation des moustiquaires imprégnées reste en deçà des atteintes. A titre illustratif selon un rapport 2006 de l'UNICEF, seulement 3 % des enfants de moins de cinq ans dormaient sous moustiquaire imprégnée avec un taux de possession par ménage qui était de 6 % pendant que, dans les pays qui partagent la même réalité climatique avec la Côte d'Ivoire, le taux d'utilisation est un peu plus important, 44% au Ghana, 33% au Sénégal et 86% en Gambie. En 2008, 13,5% des femmes enceintes et 14,8% des enfants de moins de cinq dorment sous moustiquaires imprégnées. En générale, 25% des populations avaient recours aux moustiquaires imprégnées (PNLP, 2010). En 2012, 67% des ménages possédaient une moustiquaire imprégnée avec un taux d'utilisation de 33% (DIPE, 2013).

Ce taux est loin des objectifs fixés par la déclaration d'Abuja qui préconise qu'au moins 60% des populations utilisent la moustiquaire imprégnée. Comme on le constate, l'accessibilité à la moustiquaire imprégnée n'est pas synonyme de son utilisation. Des lors, dans ce contexte de gratuité, comment amener les populations à recourir davantage aux moustiquaires imprégnées ?

Pour y parvenir il serait judicieux de connaître les principaux facteurs qui expliqueraient au mieux cette utilisation. La présente étude s'inscrit dans ce cadre. Elle comprendra cinq parties. La première partie sera consacrée à la revue théorique et empirique des principaux facteurs explicatifs des MILDA. La deuxième partie présentera la zone de l'étude et la méthodologie de l'échantillonnage. La troisième partie porte sur le modèle économétrique et la description des variables de l'étude. La quatrième partie porte sur les résultats de l'analyse économétrique et enfin, la cinquième partie sera consacrée à la conclusion et aux recommandations.

2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES FACTEURS EXPLICATIFS DE L'UTILISATION DES MOUSTIQUAIRES

Les études sur l'accès aux moustiquaires imprégnées dans la lutte contre le paludisme restent de nos jours un sujet peu exploré en économie. Les principaux travaux existants se sont basés sur les études de la demande de soins. Partant de cette approche, Anderson a proposé dans les années 1970 un modèle qui organise et hiérarchise les facteurs explicatifs des déterminants du recours aux soins de santé en trois catégories : les facteurs facilitateurs, les facteurs de prédisposition et les facteurs de renforcement.

Dans la même perspective, Kroeger (1983) élabore un modèle visant à englober l'ensemble des déterminants proches ou non des recours thérapeutiques. Il classe les déterminants en trois catégories : les caractéristiques individuelles, les caractéristiques de la maladie et celles des systèmes de soins. Les caractéristiques individuelles agissent comme facteurs prédisposants. Ils regroupent les caractéristiques sociodémographiques telles que le sexe, l'âge, le milieu de résidence, la religion, le niveau d'étude, le statut matrimonial, le type d'habitation, l'exposition aux médias, le revenu, la taille du ménage et l'environnement autour des habitations. Les caractéristiques de la maladie dépendent de la perception et de l'interprétation des causes de la maladie, et les caractéristiques du système de soins sont liées aux facteurs institutionnels.

Le sexe pourrait influencer l'utilisation de la moustiquaire imprégnée dans la lutte contre le paludisme dans la mesure où les femmes enceintes font partie des populations à risques. L'utilisation de la moustiquaire est nécessaire chez ces dernières. Selon Akoto et al (2002), les femmes dans le ménage se soucient beaucoup plus de la santé des membres du ménage que leur propre santé. Si elles sont chefs de ménage, elles auront tendance à offrir et à encourager davantage l'utilisation des moustiquaires dans le ménage. Une étude de Evina (1998) citée par N'gono (2005) au Cameroun a révélé que le sexe influence significativement le recours aux méthodes de protection contre le paludisme, car les femmes encouragent plus l'usage des mesures de contrôles de la maladie que les hommes.

Un autre facteur important associé à l'utilisation des moustiquaires imprégnées est l'âge. En effet certaines études ont montré une relation inverse entre l'âge et l'utilisation des services de santé maternelle ou de service de santé en général (Fournier et al, 1995). Les personnes moins âgées sont plus ouvertes à la modernité que les plus âgées du fait de l'effet de l'instruction. Étant donné que la santé se dégrade au fur et à mesure que l'âge avance, les personnes âgées ont tendance à se rendre plus dans les services de santé que les jeunes.

Au Bénin, l'étude de Kiniffo et al (2000) révèle que les femmes âgées ont une grande propension à recourir aux moustiquaires imprégnées que les femmes plus jeunes.

Akoto et al (2002) ont également montré que le milieu de résidence est un facteur de prédisposition du recours aux soins de santé. Qu'il soit rural ou non, le milieu de résidence est propice à la prolifération des moustiques vecteurs du paludisme. Même si l'inverse peut s'observer dans certains cas, le milieu rural est plus favorable au développement des moustiques contrairement au milieu urbain. Le milieu urbain est un important facteur d'acculturation qui pourrait conduire à l'adoption de nouvelles attitudes. Ce qui pourrait bousculer les habitudes d'un individu et l'amener à utiliser les moustiquaires imprégnées.

Le niveau d'instruction a une énorme incidence sur l'état de santé des populations et l'utilisation des services de santé. Kouam (2003) dans son mémoire sur les perceptions du paludisme a montré une association positive entre le niveau d'instruction et la connaissance des causes réelles du paludisme. Il ressort de son étude que, plus le niveau d'instruction augmente, plus l'individu est à mesure de connaître la cause du paludisme et est donc apte à utiliser la moustiquaire imprégnée. Un individu, dont le niveau d'instruction est élevé a beaucoup plus de chance de connaître la cause réelle du paludisme qu'un individu qui n'a pas été instruit.

S'agissant du statut matrimonial, en ce qui concerne le rôle du mariage à l'égard de la santé, deux approches théoriques sont dominantes dans la littérature. La première approche, celle de l'hypothèse de la sélection, soutient que les personnes en meilleure santé ont plus de chance d'être sélectionnées pour un mariage et sont aussi peut-être mieux en mesure de maintenir les liens conjugaux. La deuxième approche, l'hypothèse de la protection, quant à elle stipule que le mariage offre une certaine protection contre la maladie (Lillard et Panis, 1996). Mais comment cette protection est-elle fournie dans les faits ? Selon ces auteurs, le mariage pourrait encourager des comportements sains et décourager les comportements à risque. Il pourrait contribuer au bien-être économique des personnes. Ce qui déboucherait sur une meilleure santé. Seck et al (2008) dans son étude au Sénégal sur les pratiques préventives des femmes dans la lutte contre le paludisme ont montré que les femmes mariées utilisaient plus la moustiquaire imprégnée contrairement aux femmes célibataires.

Zimicki (1997) dans son étude sur la promotion des moustiquaires en Afrique Subsaharienne soutient que le revenu est un important déterminant de l'utilisation des moustiquaires imprégnées. Il montre que, dans les régions à faible densité de moustiques, il existe une corrélation entre le revenu et la propriété d'une moustiquaire imprégnée. Par contre, dans les régions où la moustiquaire est largement utilisée, Aikins et al (1993) ont constaté qu'il n'existe aucune corrélation entre l'utilisation de

la moustiquaire, la profession et le revenu. Le coût élevé des moustiquaires joue contre son utilisation. Selon Chitsulo et al (1992), la proportion des personnes qui a évoqué la dépense comme la principale raison du non possession des moustiquaires imprégnées est de 76 % au Malawi tandis que, Rashed et al (1997) soutiennent que cette proportion est de 58 % à Savalou, au Bénin.

Akimali (2008) dans une étude réalisée en République Démocratique du Congo a eu recours à un modèle logit pour identifier les principaux facteurs explicatifs de l'utilisation des moustiquaires imprégnées. Il ressort des résultats de ces travaux que le niveau d'instruction du chef de ménage, la taille du ménage, l'usage d'autres alternatives à la moustiquaire tels que les serpentins fumigènes et les bombes aérosols ont un effet significatif sur l'utilisation de la moustiquaire imprégnée. Il trouve également que, l'âge du chef de ménage, la connaissance du mode de transmission du paludisme, le sexe et les dépenses des soins effectuées par les ménages n'ont pas d'effet significatif.

Les moustiquaires imprégnées semblent davantage plus utilisées en Afrique de l'Ouest qu'en Afrique de l'Est spécialement en Gambie et plus dans les grandes villes que les zones rurales. Des enquêtes réalisées en Gambie, au Congo, au Cameroun et en Guinée Bissau ont confirmé les résultats suivants. Dans les zones rurales pendant la période des pointes en Gambie, 58 % des répondants avaient une moustiquaire imprégnée (Alessandro et al, 1994). En Guinée Bissau, Aikins et al (1994) soutiennent que le taux est de 69 % alors qu'au Cameroun, Desfontaines et al (1990) trouvent un taux de l'ordre de 48 %. A Brazzaville, au Congo, 73 % des ménages possédaient au moins une moustiquaire imprégnée selon Carme et al (1992). Dans une étude menée en Gambie, Christian et al (1997) trouvent que, les moustiquaires imprégnées semblent plus utilisées dans les régions Centre (76%) que les régions de l'Est (55%) et de l'Ouest (65%). Selon d'autres études, la moustiquaire imprégnée semble faiblement utilisée dans les villages près de Bo en Sierra Leone, au Nord de Ouagadougou au Burkina Faso (Aikins et al 1994), à Uriri au Kenya (Sexton et al, 1990) et au Malawi (Ziba et al, 1994).

La religion définie comme un système de croyance et de pratiques qui régit les rapports de l'homme avec la divinité a des répercussions sur le mode de vie de ses adeptes. C'est un facteur de changement et d'adaptation qui régit la vie des fidèles sur le plan de leur comportement et de leurs pratiques (Akoto et al, 2002). Certaines religions sont ouvertes au modernisme alors que d'autres sont attachées aux modèles culturels et traditionnels. Selon Berry, la valeur de la santé peut varier d'une religion à l'autre. De ce point de vue, l'appartenance à une culture religieuse pourrait influencer la perception, l'acceptation de la moustiquaire comme un moyen de lutte contre le paludisme et favoriser ou pas son utilisation.

L'exposition aux mass-médias apparaît déterminante dans le recours aux moyens de prévention dans la lutte contre le paludisme. En effet, les médias sont les sources d'informations et d'acquisitions des connaissances qui pourraient améliorer la perception et la croyance des causes et modes de transmission du paludisme dans la mesure où les médias auront l'avantage de toucher un public plus grand. Une écoute régulière des émissions de santé pourra permettre à ce grand public de s'informer, d'être sensibilisé, ce qui pourrait favoriser l'utilisation de la moustiquaire imprégnée.

Un autre aspect qui paraît important est la taille du ménage. La taille élevée du ménage a une influence négative sur l'utilisation de la moustiquaire imprégnée. Cette assertion a été confirmée par Minja et Shiff (1995) au cours d'une étude menée en République de Tanzanie. Selon ces deux auteurs, le nombre de moustiquaire requis par ménage a été l'un des principaux obstacles pratiques parce que les habitants refusent d'acheter une moustiquaire seule et de laisser les autres membres de la famille sans protection. Le nombre de moustiquaire qu'il faudra se procurer devrait dépendre de la taille du ménage et des habitudes de se coucher pour faciliter son utilisation.

Des enquêtes de Paré et al (2009) ont fait remarquer qu'une utilisation quotidienne des moustiquaires imprégnées est contraignante pour les populations du Burkina Faso. L'exiguïté des maisons ne permet pas de laisser les moustiquaires tendues pendant la journée d'autant qu'il y a des risques d'incendie avec le feu de cuisine. L'organisation de l'espace la nuit répond à des règles bien précises. De plus il est d'usage, que les occupants d'une même maison dorment sur un même lit. Les plus jeunes enfants et les filles avec leurs mères, les jeunes frères ensemble. Les moustiquaires disponibles ne sont pas grandes pour ces modes collectifs de couchage. En Côte d'Ivoire, Doannio et al (2006) ont également confirmé cette thèse. Selon eux, l'organisation des unités de couchage paraît déterminante dans l'utilisation de la moustiquaire imprégnée.

Selon l'information provenant de plusieurs enquêtes, il est difficile d'établir une corrélation entre l'utilisation d'une moustiquaire imprégnée et la perception du rôle des moustiques dans la transmission du paludisme. Certaines communautés en Afrique croient que le paludisme serait une maladie due à une exposition prolongée au soleil, à la consommation de certains aliments interdits ou à un mauvais sort. Dans ces conditions, il n'y a pas grande chose à faire pour prévenir la maladie puisqu'il est impossible d'éviter le soleil dans ces pays à climat équatorial. Aikins et al (1998) ont confirmé que, le manque de connaissance entourant le rôle des moustiques dans la transmission du paludisme, a soulevé des inquiétudes qui ont amené certaines personnes à penser qu'il faudra davantage insister sur la réduction de la nuisance liée aux moustiques pour encourager l'utilisation de la moustiquaire imprégnée.

L'étude réalisée par Ndour et al (2005) au Sénégal sur les connaissances, attitudes et pratiques sur le paludisme des chefs de ménage de la population rurale de Gossas a révélé que la connaissance des modes de transmission du paludisme est un facteur associé à l'utilisation des moustiquaires imprégnées. Au Burundi, Bortel et al (1994) ont révélé que l'utilisation de la moustiquaire imprégnée est associée à une densité élevée des moustiques.

Haddad et al (1995) ont montré que la disponibilité des médicaments influence positivement les services de santé qu'ils soient curatifs ou préventifs. L'approvisionnement suffisant en moustiquaires par les services de santé peut inciter les populations à y recourir. La norme recommandée par l'OMS est qu'une moustiquaire soit utilisée par au plus deux personnes (OMS, 2008). Il est important que le nombre de moustiquaire dans un ménage soit en adéquation avec le nombre de personnes qui y résident.

L'environnement immédiat autour des d'habitations est important dans l'explication du recours aux moustiquaires imprégnées. En effet, la présence d'une étendue d'eau, d'un baffle ou de poubelles favorise la multiplication des moustiques. Cette situation pourrait davantage amener les populations à utiliser les moustiquaires imprégnées.

3 ZONE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE DE L'ECHANTILLONNAGE

3.1 ZONE DE L'ETUDE

Les données utilisées dans cette étude (données primaires) ont été collectées sur terrain du 21 Avril au 21 juin 2014 grâce à un questionnaire à passage unique administré aux ménages tirés dans l'échantillon de l'étude. L'unité statistique considérée était les chefs de ménage. Une pré enquête réalisée dans cette zone, a permis d'obtenir la version finale du questionnaire. Le département d'Agboville, selon le dernier découpage administratif, est situé dans la région de l'Agneby tiassa au Sud de la Cote d'Ivoire précisément à 85Km d'Abidjan. Il est limité au Sud par la ville d'Abidjan, au Nord par le département de Toumodi, à l'Est par le département d'Adzopé et à l'Ouest par Dabou. Il couvre une superficie totale 3850 km² avec une densité estimée à 53 habitants par Km² (RPGH, 1998). La population du département est estimée à 3315.519 (INS, 2008). Le taux d'alphabétisation des adultes dans le département est de 62,50 % pour les hommes contre 75 % pour les femmes en milieu urbain alors qu'en milieu rural 25 % d'hommes contre 24.5 % de femmes sont alphabétisés. Selon l'enquête à indicateur multiple réalisée en 2006, 57,12% des ménages ont un accès permanent à l'eau potable en milieu urbain contre 35,20% en milieu rural. Le paludisme reste la maladie la plus dominante dans de toutes les maladies endémiques.

3.2 METHODOLOGIE DE L'ECHANTILLONNAGE

La base de sondage qui a été utilisée pour cette enquête a été la cartographie du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 1998). Les unités statistiques ont été obtenues à partir d'un tirage aléatoire à trois degrés. Au premier degré, sept (07) communes dans le département d'Agboville ont été sélectionnées selon des critères de tailles de population et de forte prévalence du paludisme. Au deuxième degré à l'intérieur des localités choisies, des quartiers ont été sélectionnés. Au troisième degré à l'intérieur des quartiers, des chefs de ménage ont été sélectionnés. Dans la technique des méthodes d'échantillonnage, il existe deux méthodes : la méthode des quotas et la méthode des itinéraires. La méthode retenue est celle des itinéraires. Pour obtenir la taille minimale de l'échantillon, la méthode du LAQS (Lot Quality Assurance Sampling) a été utilisée. La particularité de cette méthode est qu'elle permet d'obtenir la taille minimale qui permet d'avoir une bonne prévision de l'estimation des paramètres avec un degré de confiance de 95%. Dans cette approche la taille minimale de l'échantillon sera déterminée par la formule suivante : $N = 1,5 \times (1,96)^2 \cdot (f) \cdot (1 - f) / i^2$

- N = taille de l'échantillon
- f = taux de couverture des ménages en moustiquaires imprégnées qui est égal à 5,6 % selon la première enquête CAP des ménages
- 1,96 = écart réduit de la loi normale au seuil d'erreur de 5 %
- i = l'erreur d'échantillonnage associée à f, cette valeur est fixée à 5 %
- 1,5 = effet de grappe.

En remplaçant les valeurs dans la formule ci-dessus, on obtient la taille minimale des individus chefs de ménage enquêtés par commune qui est de 119 environ 120. Cette taille peut être augmentée. La taille de l'échantillon sera distribuée par localité sélectionnée.

Tableau 1. Répartition de la taille de l'échantillon par localité sélectionnée

Département	Communes	Nombre des enquêtés
Agboville	Agboville	126
	Aboude Kouassikro	123
	Attobrou	126
	Anno	151
	Azaguie	125
	Cechi	125
	Rubino	126
Total	7	902

Source : les données de l'enquête

Au regard de ce tableau (tableau 1), l'échantillon final retenu pour la réalisation de cette étude est 902 individus chefs de ménage

4 ANALYSE ECONOMETRIQUE ET DESCRIPTION DES VARIABLES DE L'ETUDE

4.1 ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE

Le modèle qui sera utilisé pour cette étude relève du domaine de l'économétrie des variables qualitatives. En économétrie des variables qualitatives, l'on a généralement recours aux modèles logit ou probit. La présente étude opte pour le modèle logit binaire parce qu'il est plus simple à mettre en œuvre et les résultats sont presque similaires au modèle probit (Hurlin, 2003). En effet, l'événement à expliquer est la probabilité pour les chefs de ménage vivant dans ces milieux précaires d'utiliser les MILDA. Cette variable dépendante n'est pas quantitative mais plutôt qualitative. Elle n'admet pas d'échelle de mesure naturelle, une probabilité étant par définition comprise entre 0 et 1. En régression logistique, l'on modélise l'espérance mathématique de Y (variable dépendante) conditionnelle à X (variable indépendante). La variable est non linéaire et les résidus ne peuvent pas être distribués normalement. On introduit un codage quantitatif permettant de représenter les différentes modalités de la variable expliquée (par exemple 1 si l'individu a recours aux moustiquaires imprégnées pour se protéger du paludisme et 0 si non). Par le biais de ce codage, on introduit un lien entre l'espérance mathématique de Y conditionnelle à X et la probabilité de Y :

$Y = 1$ si le chef de ménage a recours aux moustiquaires imprégnées (MILDA) avec probabilité $p = f(X, B)$

$Y = 0$ si non avec probabilité $1 - p = f(X, B)$

$X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ représentent les variables explicatives et $B(B_1, B_2, \dots, B_n)$, les paramètres du modèle.

La régression de Y par rapport à X ou l'espérance mathématique de Y conditionnelle à X se présente comme suit :

$$E(Y/X, B) = 1 \cdot P + 0 \cdot (1 - P) = P = f(X, B)$$

Le modèle de régression linéaire peut s'écrire sous la forme $Y = f(X, B) + \varepsilon$, ε étant le résidu de l'équation suit une loi logistique et le modèle est non linéaire. Le résidu prend deux valeurs selon la modalité prise par la variable dépendante.

Si $Y = 1$ alors $\varepsilon = 1 - f(X, B)$ et si $Y = 0$ alors $\varepsilon = f(X, B)$. La variance est fonction de la variable X, elle est hétéroscédastique. Le modèle logit utilisé dans la présente étude a pour formule générale :

$$P(Y/X) = f(X, B) = \exp(t X_i B) / 1 + \exp(t X_i B)$$

4.2 DESCRIPTION DES VARIABLES DE L'ÉTUDE

Les différentes variables utilisées dans la réalisation de la présente étude sont présentées dans le tableau ci-dessous (tableau 2).

Tableau 2. Description des variables du modèle logit

Type de variables	Variables	Signification	Nature de variable	Modalité
Variable dépendante de l'équation de sélection	UTI_MILDA	L'utilisation des MILDA	Variable binaire	1= Oui 0=Non
Variables indépendantes	CONNAISSANCE	La connaissance ou non des vecteurs du paludisme	Variable binaire	1= Oui 0=Non
	Moyen_info	Le canal par lequel le chef de ménage a entendu parler du paludisme	Variable polytomique	1= Service de santé 2= Médias audiovisuels 3= Bouche à oreille 4= Campagne
	ALTERNATIVE	Utilisation des moustiquos ou bien des Timor	Variable binaire	1= Oui 0=Non
	SEXE	Le sexe du répondant (le chef du ménage)	Variable binaire	1= Masculin 0= Féminin
	MILIEU	Le milieu de résidence	Variable binaire	1= Urbain 0= Rural
	RELIGION	La religion du répondant (le chef du ménage)	Variable polytomique	1= Chrétien 2= Animiste 3= Musulman
	AGE	L'âge du répondant (le chef du ménage)	Regroupé par classe d'âge	1= "30 - 44", 2= "45 - 64" 3= "65 et plus"
	EDUCATION	Niveau d'étude du répondant (le chef du ménage)	Variable polytomique	1= Non scolarisé 2= Primaire 3= Secondaire 4= Supérieur
	REVENU_a	Revenu mensuel du répondant (le chef du ménage, en Franc CFA)	Regroupé par classe de revenu	1= Moins de 50000 2= [50000 ; 100000 [3= 100000 et plus
	MENAGE	Le nombre de personnes vivant dans le ménage	Regroupée par classe	1= Moins de 3 2= [3 ; 6 [3= [6 ; 9 [4= 9 et plus
	STATUT	Statut matrimonial	Variable polytomique	1= Célibataire 2= Marié 3= Divorcé/Veufs

Source : les données de l'étude

5 ESTIMATION DU MODELE ET INTERPRETATIONS

Les résultats de l'estimation du modèle Logit sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 3).

Tableau 3. Résultats de l'estimation des déterminants de l'utilisation des MILDA

Variable	Modalités	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> Z
CONNAISSANCE	Oui	1.641737*	.4255259	1.91	0.056
MOYEN_info	Médias audiovisuels	.1830386**	.1441127	-2.16	0.031
	Bouche à oreille	.6328976	.2714426	-1.07	0.286
	Campagne	.7745206	.3583736	-0.55	0.581
ALTERNATIVE	Oui	.2110491***	.0438055	-7.49	0.000
SEXE	Homme	1.069752	.2497082	0.29	0.773
MILIEU	Urbain	1.23246	.2603892	0.99	0.323
RELIGION	Animistes	1.421282	.376012	1.33	0.184
	Musulman	1.586661	.6964831	1.05	0.293
AGE	45 - 64	1.087111	.2552911	0.36	0.722
	65 et +	.7070415	.2280734	-1.07	0.283
EDUCATION	Primaire	3.305153***	.9656756	4.09	0.000
	Secondaire	2.471208**	.8763312	2.55	0.011
	Supérieur	2.731271*	1.592762	1.72	0.085
REVENU_a	[50000 ; 100000 [	1.089179	.3268755	0.28	0.776
	100000 et plus	.9823516	.4491618	-0.04	0.969
MENAGE	[3 ; 6 [	1.407959	.3599633	1.34	0.181
	[6 ; 9 [	1.647562*	.4655595	1.77	0.077
	9 et plus	1.160893	.3865023	0.45	0.654
STATUT	Mariés	2.083361**	.6871435	2.23	0.026
	Divorcé/Veufs	1.873576	.9291507	1.27	0.206
	_cons	1.648215	1.024258	0.80	0.421
Observations		899			
LR chi2(22)		120.35			
Prob > chi2		0.0000			
Pseudo R2		0.1548			

Source : Calcul de l'auteur

*** : significatif au seuil de 1%, ** : significatif au seuil de 5%, * : significatif au seuil de 10%

Les résultats du modèle logit, présentés dans le tableau 3, montrent que le modèle est globalement significatif avec un P-value inférieur à 5% (Prob > Chi2 = 0.000).

Les résultats montrent que la modalité « Médias audiovisuels » de la variable « MOYEN_info » est significative au seuil de 5%. Comparée à la modalité de référence qui est « Service de santé », les enquêtés qui ont entendu parler du paludisme à travers les médias audiovisuels ont 84% moins de chance de recourir au MILDA pour se protéger du paludisme. L'efficacité des informations données dans les centres de santé s'explique d'abord par la confiance qu'inspirent les services de santé et surtout par la possibilité qu'ils donnent aux interlocuteurs de réagir par le biais de questions visant à lever les doutes.

Les résultats montrent également que la variable « ALTERNATIVE » est significative au seuil de 5%. Il ressort que les répondants qui utilisent les méthodes alternatives telles que les bombes aérosols et les serpentins fumigènes ont 78% moins de chance d'utiliser les MILDA contrairement à ceux qui n'utilisent pas de méthodes alternatives de protection. Cela peut s'expliquer par le fait que les coûts relativement faibles de ces méthodes incitent les populations à y recourir davantage.

Quant à la variable EDUCATION, les modalités « primaire » et « secondaire » sont significatives au seuil de 5%. Les chefs de ménage qui ont les niveaux d'étude équivalents aux cycles primaire et secondaire ont respectivement 3 fois et 2 fois plus de chance d'utiliser les MILDA pour se protéger du paludisme que les chefs de ménage non scolarisés. L'on remarque également que la modalité « supérieur » est significative au seuil de 10%. Ainsi, les chefs de ménage ayant le niveau d'étude supérieur ont 2 fois plus de chance d'utiliser les MILDA comparés aux non scolarisés. Ces résultats ne sont pas surprenants dans la mesure où contrairement aux non scolarisés, les chefs de ménages éduqués sont plus susceptibles de connaître les causes réelles du paludisme.

L'estimation montre également que la modalité « Mariés » de la variable statut matrimonial est significative au seuil de 5%. D'après nos résultats, les enquêtés mariés ont 2 fois plus de chance d'utiliser les MILDA que les célibataires. Cela s'explique

par le fait que les mariés sont beaucoup plus regardants sur leur santé, car le bon état de santé est un moyen pour maintenir les liens conjugaux. Comme les MILDA ont pour but de préserver l'état de santé, ils suscitent plus d'intérêt chez les mariés que chez les célibataires.

La variable connaissance des causes du paludisme explique l'utilisation des MILDA au seuil de 10%. Les chefs de ménage qui ont une connaissance des causes de paludisme ont une fois plus de chance de recourir aux MILDA que ceux qui en ignorent les causes. Ce résultat est conforme à la littérature qui soutient que la connaissance du mode de transmission du paludisme est un facteur important associé à l'utilisation des moustiquaires (N'dour et al, 2005)

Au seuil de 10%, la modalité [6 ; 9] de la taille du ménage a un effet significatif. Il ressort des estimations que les ménages de 6 à 9 membres ont une fois plus de chance d'utiliser les MILDA que les ménages de moins de 3 membres. En effet, les familles nombreuses en milieu défavorisé avec des niveaux de revenu faibles ne sont pas à même de supporter les dépenses de santé en cas de maladie. Elles optent donc pour des méthodes préventives visant à minimiser les risques de maladie.

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude vise à analyser les déterminants de l'utilisation des moustiquaires imprégnées (MILDA) dans les milieux précaires du département d'Agboville. Il ressort de l'estimation du modèle logit que la modalité « Médias audiovisuels » de la variable « MOYEN info », la variable EDUCATION, la modalité « Mariés » de la variable statut matrimonial, la variable « ALAERNATIVE », la modalité [6 ; 9] de la variable taille du ménage et la variable connaissance des causes du paludisme ont un impact significatif sur l'utilisation des MILDA.

Par ailleurs, bien que la littérature atteste que le milieu de résidence, l'âge, le sexe, la religion et le revenu sont déterminants dans l'utilisation des moustiquaires imprégnées, ces variables ne sont pas significatives dans le cadre de cette étude. L'étude confirme une grande partie des résultats de la littérature, notamment ceux de N'dour et al (2005) au Sénégal par exemple, qui montre dans son étude portant sur la connaissance, l'attitude et pratique sur le paludisme que la connaissance des causes du paludisme est un facteur déterminant dans l'utilisation de la moustiquaire imprégnée., ceux de Sek et al (2008) au Sénégal qui a obtenu que les femmes mariées ont plus de chance d'utiliser la moustiquaire imprégnée contrairement aux femmes célibataires et ceux de Akimali (2008) en république du Congo qui montrent que le niveau d'instruction et la connaissance des causes du paludisme sont positivement associés à l'utilisation des moustiquaires imprégnées.

Par contre, les résultats obtenus dans la présente étude sont contraires aux résultats de certains travaux déjà réalisés. Par exemple, Sirimas et al (2003) au Burkina Faso ont montré que la taille moyenne élevée des ménages de 4 à 5 personnes est un facteur limitant l'utilisation des moustiquaires imprégnées alors que dans cette étude les ménages de 6 à 9 membres ont plus de chance d'utiliser la moustiquaire imprégnée contrairement aux ménages de petite taille de moins de 3 personnes.

Au regard des résultats de l'étude, il serait pertinent dans l'intérêt général, de mener des actions de sensibilisations, d'informations et communications ciblées dans ces milieux précaires. Elles doivent être orientées vers les chefs de ménage qui n'ont pas été à l'école, ceux qui ont recours aux méthodes alternatives, les chefs de ménage qui n'ont pas une parfaite connaissance des causes réelles du paludisme mais également ceux qui ne se rendent pas dans les services de santé afin de mieux cerner les enjeux de politique de lutte antipaludique et les inciter davantage à l'utilisation correcte des MILDA.

REFERENCES

- [1] OMS (2000). Rapport sur la sante dans le monde 2000, pour un meilleur système de sante plus performant
- [2] OMS (2005); Communicable diseases surveillance and response (CSR). Diseases outbreak report, yellow fever in Cote d'Ivoire
- [3] Akimali. Z (2008), Déterminant de l'utilisation des moustiquaires imprégnées chez les enfants de moins de cinq ans dans la ville de Kinshasa. Mémoire de maitrise en sante publique, université de Kinshasa
- [4] Sachs et al (2002); The economics and social burden of malaria. Nature, 415 (6872) : 680 -685.
- [5] (Roll Back Malaria, 2013); The Global Malaria Action Plan (GMAP), part I, Malaria today, 39 P
- [6] (Ministère de Santé, 2011). Rapport annuel sur le paludisme
- [7] Carnevale et al (1999); Diversity of malaria in reace growing areas of the Afro-tropical region, parasitologia, 41: 273-276
- [8] Coosemans (1985) ; Comparaison de l'endémie malarienne dans une zone de riziculture et dans une zone de culture de coton dans la plaine de la rusizi (Burundi), annales de la société belge de médecine tropicale, 65 : 187-2000
- [9] Memain (2003), Lutte contre le paludisme en côte d'ivoire, programme national de lutte contre le paludisme, rapport annuel sur l'état d'avancement ,65 pages.
- [10] Audibert, M. et al (2009) ; Système de production rizicole des maladies parasitaires dans l'Afrique de l'ouest : aspects socio-économiques, premier résultat dans la policy et planning, Vol 10 n° 3, 284 -285.
- [11] (PNLP, 2010) Rapport annuel sur le paludisme

- [12] Kroeger (1983); Health interview surveys in developing countries: a review of methods and results, International journal of epidemiology, vol.12, n° 4, p. 465-481
- [13] Akoto et al (2002) ; Se soigner aujourd'hui en Afrique de l'Ouest : pluralisme thérapeutique entre traditions et modernités (Benin, Cote D'ivoire et Mali) , les cahiers de l'IFORD , Yaoundé
- [14] Evina (2005) ; Les facteurs de la contraception au Cameroun. Analyse des données de l'enquete démographie et de sante de 1998. Gripps. La planification familiale en Afrique. Documents d'analyse n° 6, 47 p.
- [15] Fournier, P. et al (1995), Les facteurs associés à l'utilisation des services des soins de santé dans les pays en développement, in : Gerard, H et Piche, V, la sociologie des populations, PUM /AUPELF-UREF, pp 289-325.
- [16] Kiniffo et al (2000) ; Les mères des enfants de moins de cinq ans et le paludisme dans la vallée de Dangbo au Sud Est du Benin, Medecine Afrique Noire n°47 : p 27-33.
- [17] Akoto et al (2002) ; Se soigner aujourd'hui en Afrique de l'Ouest : pluralisme thérapeutique entre tradition et modernité, (Benin, Cote D'ivoire et Mali), Yaoundé (Cameroun), les cahiers de l'IFORD n° 27, 169 P.
- [18] Kouam (2003), Perception du paludisme : cas de la plantation d'HEVECAM au sud Cameroun, mémoire, IFORD, Yaoundé, 77p
- [19] Lilliard et al (1996); Marital status and Mortality: the role of Health, demography, vol 33, n° 3 , pp 313 -327.
- [20] Seck et al (2008) ; Connaissance, Attitude et Pratique des femmes sur le paludisme dans la zone rurale de Poponguine , Sénégal , Med Trop , n° 68, pp 629-633 .
- [21] Zimicki (1997) ; La promotion des moustiquaires imprégnées en Afrique subsaharienne, un mur contre la malaria, CRDI.
- [22] Aikins et al (1993); A malaria control trial using insecticide-treated bednets and targeted chemoprophylaxis in a rural area of the Gambia, West Africa .4. Perception of the causes of malaria and of its treatment and prevention in the study area, transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 87(suppl. 2), p. 25-30.
- [23] Chitsulo et al (1992); Malaria in malawi : knowledges, attitudes and practices , USAID control No. DPE-DPE-5948-Q-9030-00 to medical service corporation international, Arlington (VA, E. U.) , vector biology control report no 82240, 45P.
- [24] Rashed et al (1997), Sustaining malaria prevention in Benin: local production of bednets , Health Policy and Planning, vol. 12 , p 67-76.
- [25] D'alessandro et al (1994) ; Nationwide survey of bednet use in rural Gambia, Bulletin de l'organisation mondiale de la santé, vol. 72, n 3, p391-394
- [26] Aikins et al (1994); Attitudes to malaria, traditional practices and bednets (mosquito nets) as vector control measures: a comparative study in five West African Country, journal of tropical medicine and Hygiene, vol .97, p.81-86.
- [27] Desfontaine et al (1990) ; Evaluation des pratiques et des couts de lutte anti vectorielle à l'échelon familial en Afrique centrale, ville de douala (Cameroun), juillet 1988, annales de la société belge de médecine tropicale, vol. 70, p. 137-144.
- [28] Carme et al (1992); Current practices for the prevention and treatment of malaria in children and in pregnant women in the Brazzaville region (Congo), Annals of Tropical Medecine and parasitology, Vol. 86, n° 4 p . 319-322
- [29] Christian et al (1997) ; un mur contre la malaria, OMS / CRDI, pp. 201
- [30] Sexton et al (1990); Permetrin-impregnated curtains and bednets prevent malaria in Western Kenya, American journal of tropical medicine and Hygiene, vol. 43, n° 1 p. 11 -18.
- [31] Ziba et al (1994); Use of malaria prevention measures in Malawian households, tropical medicine and parasitology, vol. 45, p70-73.
- [32] Minja et Shiff (1995); Implementation of a community-based system for the sale, distribution and insecticide impregnation of mosquito nets in Bagamoyo District, Tanzania, Health Policy and Planning. Vol.10, n° 1 p. 50-59
- [33] Pare, T et al (2009); Decreased motivation in the use insecticide treated nets in a malaria endemic area in Burkina Faso, malaria journal.
- [34] Doannio et al (2006), Représentations sociales et pratiques liées à l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides dans la lutte contre le paludisme en Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest), Med Trop, 66, (1) 45-2
- [35] Aikins et al (1998); Price Elasticities of demand for curative Health care with control for sample selectivity on Endogenous illness: an analysis for Sri Lanka, Health Economics, vol 7 n° 6 P 509-531.
- [36] N'dour, T et al (2005), Le paludisme : connaissance, attitude et pratique des chefs de ménages de la population rurale de Gossas, Sénégal, anthropologie médicale, pp 290-293.
- [37] Bortel, V et al (1994), Motivation à l'acquisition des moustiquaires imprégnées dans une zone a paludisme stable au Burundi. Tropical Medicine and International Health, volume 1, n° 1, p. 71-80.
- [38] Haddad et al (1995); Quality, Cost and Utilization of health services in developing countries: a longitudinal study in Zaire. Social science and medicine, vol 40, n° 6 p 743-753.
- [39] Hurlin, 2003 ; Econométrie des variables qualitatives, Université Orléans

ANNEXE : LES DÉTERMINANTS DE L'UTILISATION DES MILDA

```
. logistic UTI_MILDA i.CONNAISSANCE i.Moyen_Info i.ALTERNATIVE i.SEXE i.MILIEU i.RELIGION i.AGE i.EDUCATION i.MENAGE i.STATUT
> i.REVENU_a
```

```
Logistic regression               Number of obs   =       899
                                LR chi2(21)       =      120.35
                                Prob > chi2        =       0.0000
Log likelihood = -328.65967       Pseudo R2      =       0.1548
```

UTI_MILDA	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
1.CONNAISSANCE	1.641737	.4255259	1.91	0.056	.9878218	2.728529
Moyen_Info						
2	.1830386	.1441127	-2.16	0.031	.0391167	.8564926
3	.6328976	.2714426	-1.07	0.286	.273063	1.466912
4	.7745206	.3583736	-0.55	0.581	.3127367	1.91817
1.ALTERNATIVE	.2110491	.0438055	-7.49	0.000	.14051	.3170003
1.SEXE	1.069752	.2497082	0.29	0.773	.6770025	1.690347
1.MILIEU	1.23246	.2603892	0.99	0.323	.8145813	1.86471
RELIGION						
2	1.421282	.376012	1.33	0.184	.8462285	2.387112
3	1.586661	.6964831	1.05	0.293	.6711807	3.750843
AGE						
2	1.087111	.2552911	0.36	0.722	.6860919	1.722524
3	.7070415	.2280734	-1.07	0.283	.3757242	1.330518
EDUCATION						
2	3.305153	.9656756	4.09	0.000	1.864205	5.85989
3	2.471208	.8763312	2.55	0.011	1.233273	4.951758
4	2.731271	1.592762	1.72	0.085	.8709234	8.565442
MENAGE						
2	1.407959	.3599633	1.34	0.181	.8530396	2.323865
3	1.647562	.4655595	1.77	0.077	.9469209	2.866618
4	1.160893	.3865023	0.45	0.654	.6045011	2.229396
STATUT						
2	2.083361	.6871435	2.23	0.026	1.091484	3.976598
3	1.873576	.9291507	1.27	0.206	.7088273	4.952247
REVENU_a						
2	1.089179	.3268755	0.28	0.776	.6048441	1.961349
3	.9823516	.4491618	-0.04	0.969	.4009324	2.406926
_cons	1.648215	1.024258	0.80	0.421	.4875815	5.571604

L'intérêt de l'ERP pour les PME Marocaines dans un contexte de compétitivité réactive

[The interest of the ERP for small and medium-sized Moroccan companies in a context of reactive competitiveness]

Omar Lamrani and Rachid Zammar

Laboratoire d'études et de recherches en sciences de gestion, FSJES AGDAL, Rabat, Maroc

Copyright © 2020 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 terms of management and for the last ten years the introduction of a management control system in large companies has become a major fact in that it facilitates decision-making techniques and eliminates the silos of the firm and allows managers to have a precise vision of information flows in order to make the right decisions at the right moment, indeed management control affects even small or medium-sized companies but on the other hand growing small and medium-sized enterprises require management approaches. In contrast to large firms, they must adapt to a set of contingent variables such as structure, strategy, technology, culture and the environment in which they operate, especially small and medium-sized enterprises are personalized by director's vision, ambitions and motivations, and he relies on his intuition and judgment in making decisions and definitely refuses to delegate or use an integrated management control system. This set of elements encourages us to make a methodological choice to study the place occupied by the information system, in particular ERP, in management control within Moroccan small and medium-sized enterprises. In order to choose the right path that will allow to satisfy a personal scientific inclination as well as to take the path of originality: "ERP Management Control and Small and Medium Enterprises" we have tried to cope with the novelty of the subject and the panoply of possible approaches. The overriding objective is therefore to see the place occupied by the ERP in management control within Moroccan small and medium-sized enterprises in order to understand it.

KEYWORDS: Enterprise Resource Planning, Consulting, Reporting, Forecasts, Competitiveness.

RÉSUMÉ: En matière de management et durant les dix dernières années l'instauration d'un système de contrôle de gestion dans les grandes entreprises est devenue un fait majeur dans la mesure où ce dernier facilite les techniques décisionnelles et élimine les cloisonnements de la firme et permet aux dirigeants d'avoir une vision précise des flux d'informations afin de prendre les bonnes décisions au moment opportun, en effet le contrôle de gestion touche même les petites ou moyennes entreprises mais en revanche les PME en croissance requièrent des approches de gestion distinctes par rapport aux grandes entreprises, ils doivent s'adapter à un ensemble de variables contingentes telles que la structure, la stratégie, la technologie, la culture ainsi que l'environnement dans lequel elles évoluent surtout que les PME sont personnalisées par la vision, les ambitions et les motivations du dirigeant, et ce dernier se fie à son intuition et jugement pour prendre des décisions et refuse définitivement de déléguer ou de recourir à un système de contrôle de gestion intégré. Cet ensemble d'éléments incite à faire un choix méthodologique pour étudier la place qu'occupe le système d'information en particulier l'ERP dans le contrôle de gestion au sein des PME Marocaines. Afin de choisir le bon chemin qui va permettre d'assouvir un penchant scientifique personnel ainsi que d'emprunter le chemin de l'originalité : « ERP Contrôle de gestion et PME » nous avons essayé de faire face à la nouveauté du sujet et la panoplie des approches possibles. L'objectif primordial est donc de voir la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion au sein des PME Marocaines pour pouvoir le comprendre.

MOTS-CLEFS: Progiciels de gestion intégrée, Contrôle de gestion, techniques de conseil, techniques de prévision, reporting financier, compétitivité réactive.

L'émergence des progiciels de gestion s'est faite au milieu des années 1990 et l'ERP est devenu l'élément principal de collecte et d'exploitation des informations de gestions présentées comme une solution aux problèmes de gestion, il s'agit sur le plan pratique et technique d'une innovation considérable qui vise une intégration informationnelle complète.

L'ERP est un système d'information fortement présent et intégré dans les grandes entreprises visant à renforcer leur multinationalisation avec une structure mondiale de partage de l'information. C'est un outil important au service du contrôle de gestion et un levier d'amélioration de la production et du contrôle de l'information rendant possible l'avènement de nouvelles pratiques ou de nouveau support de contrôle.

En matière de management et durant les dix dernières années l'instauration d'un système de contrôle de gestion dans les grandes entreprises est devenue un fait majeur dans la mesure où ce dernier facilite les techniques décisionnelles et élimine les cloisonnements de la firme et permet aux dirigeants d'avoir une vision précise des flux d'informations afin de prendre les bonnes décisions au moment opportun.

Les ERP peuvent être considéré comme étant un outil au service des contrôleurs de gestion et un levier d'amélioration continu de la production et du contrôle de l'information pour l'organisation, autrement dit ce dernier à la possibilité de dépasser les contraintes de collecte et stockage de l'information via leur actualisation rapide ainsi que l'édition automatique des tableaux de bord et l'accélération des procédures du feed-back.

Même la nature du travail des contrôleurs de gestion est impactée par la mise en place des ERP, Selon Besson l'instauration d'un progiciel de gestion entraîne le développement de deux métiers à savoir un métier d'ingénierie basé sur le système d'information de gestion et un métier d'analyse basé sur l'interprétation et la communication des données de gestion.

Avant, les progiciels de gestion ont été basé juste sur la collecte, la mise en forme et l'analyse des données afin de réaliser le REPORTING, par contre actuellement et selon BESSON l'automatisation des ERP débride le métier du contrôleur de gestion et l'ouvre sur des dimensions d'accompagnement managérial et sur une gestion plus active du système d'information. Dans une conjoncture caractérisée par une mondialisation et une forte concurrence, l'ensemble des organisations ont connu une évolution au niveau de leurs systèmes d'informations ce qui influence directement la fonction contrôle de gestion d'où vient l'implantation des progiciels de gestion « ERP » par les dirigeants surtout des grandes entreprises.

Le progiciel de gestion a pour but de centraliser les données via un regroupement de la totalité des informations en vue d'assurer une cohérence totale entre les différents services de l'organisation. En d'autres termes les données qui serviront pour le contrôle de gestion seront plus fiables et c'est cette base qui servira pour toute décisions stratégiques futures.

En effet, l'ERP est un outil de calcul, l'analyse reste la mission principale du contrôleur de gestion, autrement dit, un progiciel standardisé a la capacité de calculer des coûts de production, de revient. Ainsi le contrôleur de gestion peut se consacrer davantage à mener des actions correctrices en cas d'erreurs ou d'écarts et approfondir ses analyses.

Selon une étude réalisée par YVES DE RONGE, la flexibilité opérationnelle des ERP renvoie à la notion de réactivité et permet à la firme de répondre aux incidents internes et aux changements conjoncturels de l'environnement. A vrai dire elle porte sur la capacité de la firme à réagir rapidement aux aléas externes et internes, et de répondre quantitativement et qualitativement à la demande sans créer de stocks ou de retards et à s'adapter aux variations non anticipées des inputs provenant de l'extérieur. Toutes fois, avant d'instaurer un progiciel de gestion intégré au sein d'une entreprise, les dirigeants doivent tout d'abord identifier les attentes de l'organisation, de caractériser les ERP et surtout de cerner leur impact potentiel sur les systèmes de contrôle de gestion, autrement dit le dirigeant doit respecter trois point essentiels à savoir la définition d'un système de contrôle bien adapté aux choix stratégiques et structurels de l'organisation, l'obligation de s'assurer de la rentabilité de son investissement en ERP et puis finalement former l'ensemble du personnel afin de répondre aux exigences du bon fonctionnement du progiciel de gestion.

Plusieurs raisons ont poussé les grandes entreprises à instaurer des progiciels de gestion intégrés à savoir que ces derniers visent le contrôle des flux d'information, de matière, d'argent et de personne, en effet les ERP se caractérisent par une architecture informatique client-serveur et les données n'entrent qu'une fois à leur point d'origine, cependant un progiciel de gestion répond essentiellement aux attentes managériales dans la mesure où il permet d'intégrer des systèmes de gestion avec une bonne gestion des interdépendances entre les activités quelle que soit leur appartenance fonctionnelle, en plus il fournit un support potentiel aidant à améliorer les décisions stratégiques via un langage commun à l'ensemble de l'organisation permettant une communication transversale.

En effet, les PME constituent 95% de l'économie mondiale et contribuent avec une grande influence par rapport à la création des nouveaux emplois dans la mesure où elles représentent plus de 99% de toutes les entreprises de l'union Européenne.

Malgré la forte présence des PME que ça soit au niveau national ou international, la majorité des chercheurs et décideurs confirment qu'elles souffrent de plusieurs dysfonctionnements à savoir la qualité du management, la gestion financière, l'innovation, le marketing ainsi que la qualité et la gestion des ressources humaines ce qui engendre la disparition de ces PME avant leur 5ème année d'existence.

Les PME exposent des pratiques qui persistent peu formalisées en terme de gestion des ressources humaines et des compétences par rapport aux grandes entreprises qui se caractérisent par une forte formalisation et cette dernière sollicite une organisation et une instrumentation complexes.

Les PME en croissance requièrent des approches de gestion distinctes par rapport aux grandes entreprises, en effet ils doivent s'adapter à un ensemble de variables contingentes telles que la structure, la stratégie, la technologie, la culture ainsi que l'environnement dans lequel elles évoluent.

Cette structuration est difficile à adapter à des PME dans le cadre d'un management direct de proximité fondé sur l'intuition et la gestion archaïque des dirigeants.

Au Maroc, la valorisation du potentiel stratégique des PME par rapport à la création de nouvelles valeurs économiques et d'emplois n'a jamais été une priorité ce qui a encouragé les politiques publiques à mettre en œuvre ces dernières années de nouvelles dispositions institutionnelles afin d'encourager les PME moderne qui se caractérisent avec une certaine dynamique, mais l'impact de ces décisions a été limité vu le manque de compétitivité et de réactivité.

Les PME Représentent 95% de l'économie marocaine et occupent plus de 50% des emplois du secteur privé mais contribuent que de 10% à la valeur ajoutée vu le manque de compétitivité, d'investissement et de productivité.

Actuellement, le contrôle de gestion est devenu un outil de survie et une nécessité dans un contexte où 50% des PME Marocaine disparaissent avant leur cinquième année d'existence. Ce phénomène lié à un paradoxe entre la conjoncture économique qui se caractérise par une forte concurrence engendrée par la mondialisation, et la gestion archaïque des PME par les dirigeants qui refusent de moderniser l'ensemble des outils de gestion Pour affronter la concurrence, les PME doivent investir en des systèmes de contrôle de gestion intégrés afin d'anticiper les changements et être réactives aux aléas du marché.

Pour assurer le développement et la compétitivité de l'organisation, les dirigeants des PME doivent absolument repérer des outils et des moyens afin d'accroître leur capacité d'adaptation à la conjoncture actuelle qui est caractérisée par des consommateurs de plus en plus exigeants et professionnels et des concurrents de plus en plus nombreux assurant une bonne qualité de produits et services ainsi qu'un savoir-faire managérial et commercial et surtout innovateur.

Cette dernière décennie, les mentalités ont évoluées dans le sens où les PME ont commencé à adapter la comptabilité générale à l'activité de l'entreprise par la production du compte de produits et de charges (CPC) sur courtes durées pour permettre au dirigeant d'ordonner de nouveaux objectifs.

L'environnement des PME est généralement délimité, lors d'une crise comme à titre d'exemple la disparition d'un client principal ou l'arrivée d'un concurrent féroce, le dirigeant recourt à son intuition ce qui met l'entreprise en risque. Dans ce cas, le contrôle de gestion permettra au dirigeant de voir la réalité d'un point de vue objectif et détaché et pourra donc renouveler et restructurer son organisation si c'est nécessaire tout en engageant des actions basées sur des faits et non seulement des convictions.

La mise en place d'un ERP au sein d'une PME va lui apporter un réel avantage vu que le progiciel de gestion donne une information cohérente et détaillée qui facilite la collecte d'information, mais l'implantation de ce système sans considérer son coût et sa durée peut avoir une influence sur plusieurs facteurs, à savoir les habitudes de travail, l'organisation des processus et même la culture d'entreprise. Pour les PME la budgétisation prévisionnelle est dédiée à la fixation des prix à savoir la production le chiffre d'affaire et les coûts, beaucoup moins aux décisions stratégiques comme les investissements. Autrement dit, les PME produisent des budgets, CPC et bilan prévisionnels basés sur les exercices précédents et les résultats sont considérés satisfaisants une fois que l'entreprise atteint le chiffre d'affaire de l'année précédente.

Le tableau de bord représente un outil de suivi pour les PME vu sa simplicité et rapidité pour informer les dirigeants afin de mettre en œuvre des actions correctives, cependant les dirigeants perçoivent le tableau de bord comme un indicateur de performance financière et non comme un outil d'aide à la gestion. En effet, les dirigeants préfèrent travailler sur les données antérieures avec une édition trimestrielle ou mensuelles des indicateurs et avoir une lisibilité continue de l'évolution de ces indicateurs.

La mise en place d'un système de contrôle de gestion ou d'un progiciel de gestion a pour but de minimiser les risques liés à l'incertitude par le contrôle permanent, toutefois elle reste une arme à double tranchant parce que tout simplement trop de contrôle empêche ou retarde la décision d'action.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette obsession de contrôle à savoir le rejet des responsabilités, le désir de supprimer la variable aléatoire ou encore la recherche du pouvoir ainsi que le fait de chercher à se rassurer avec moins d'actions.

Lorsque l'environnement de l'entreprise est en perturbation, ce dernier peut mettre en danger la pérennité de l'entreprise et avoir un impact sur le bon fonctionnement de l'organisation, les prévisions classiques seront moins précises, elles essaient de tenir compte des zones d'incertitude mais ces anticipations ne correspondent pas à la réalité lorsque l'environnement est perturbé.

C'est donc une approche par les risques qui définit les objectifs mais le contrôleur se voit risquer de s'écarter des objectifs de départ et donc de la stratégie sur le long terme.

Certains salariés peuvent considérer que la mise en place d'un ERP est une dévalorisation, aussi d'autres salariés refuseront le changement de méthodes de travail à cause du manque de motivation pour suivre une formation ou le refus total de changement d'habitudes. Donc c'est à l'entreprise d'évaluer si le personnel sera assez flexible pour tolérer un tel changement.

Les PME sont personnalisées par la vision, les ambitions et les motivations du dirigeant, et ce dernier se fie à son intuition et jugement pour prendre des décisions et refuse définitivement de déléguer ou de recourir à un système de contrôle de gestion intégré.

La définition des processus lors de pré installation du progiciel est très importante, afin d'éviter qu'une erreur commise se répercutera sur tous les modules qui analyseront la donnée erronée.

L'installation d'un ERP nécessite plusieurs mois et fait appel à plusieurs ressources internes et externes (consultant technique) et tout paramétrage d'un module représente un coût et ce dernier est fonction de la complexité de la personnalisation de l'ERP, donc il est difficile de déterminer jusqu'à quel niveau de détail il faut pousser la modélisation.

Actuellement, les dirigeants des PME doivent surveiller l'environnement interne et externe de la firme et de s'ajuster le plus vite possible aux permutations du marché afin d'assurer une certaine compétitivité et surtout garantir la survie de l'organisation.

L'organigramme d'une PME se caractérise par le fait que le dirigeant est la personne clef, en effet ce dernier doit faire face à ses pratiques managériales qui sont souvent critique pour l'organisation et surtout sa performance financière.

Nombreux sont les difficultés organisationnelles qui empêchent les PME Marocaines de faire face au niveau international à savoir le manque d'information et de ressources, la centralisation du pouvoir décisionnel, une maigre intégration dans la chaîne de production internationale et surtout une surface financière limitée, cependant pour accentuer ces lacunes faut prendre en mesure de nouvelles pratiques managériales.

La majorité des lacunes que rencontrent les PME Marocaines et surtout celle qui exportent parvient de la gestion des ressources humaines à savoir l'absence d'un responsable du personnel non seulement au niveau de la fonction export mais de toutes les fonctions de la firme, en effet l'omniprésence du dirigeant propriétaire complique souvent la gestion des ressources humaines par manque d'objectivité, par les relations familiales au travail et cette multitude de tâches le pousse à oublier de communiquer des informations importantes à l'ensemble du personnel, surtout que le propriétaire ne peut pas être spécialiste dans tous les domaines.

Dans notre projet de recherche, nous ne cherchons pas à expliquer la réalité ou de la construire mais simplement de comprendre le sens que les acteurs lui donnent, ainsi que la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion au sein des PME à travers les interprétations qu'en font l'ensemble du personnel au sein de la firme.

La PME doit faire face à l'accroissement de la concurrence au niveau mondiale due à l'internationalisation des échanges, quel que soit le pays, le secteur d'activité ainsi que la structure de l'organisation. Cette dernière doit donc anticiper les changements et être réactive aux aléas du marché, d'où la nécessité de répondre aux questions suivantes :

Quel est L'intérêt de l'ERP, des techniques de prévision de conseil et de REPORTING pour les PME Marocaines dans un contexte où la compétitivité est fonction de la réactivité ?

Quel est l'impact de la mise en place d'un ERP sur le contrôle de gestion ? Quelle est la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion des PME ?

Quels sont les facteurs qui fondent la relation ERP / contrôle de gestion dans une PME et comment se présente leur relation ?

Pourquoi LMS BUSINESS CONSULTING ? Qu'est-ce qu'elle représente dans l'univers des PME relativement à la problématique de la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion ?

Repérer une PME qui peut tolérer un tel sujet de recherche et investir sur un progiciel de gestion intégré n'est pas évident, vu que c'est un nouveau thème qui fera l'objet d'une étude de cas unique.

Il faut tout d'abord commencer par les PME moderne tout en éliminant les PME non structurées.

L'accessibilité et la disponibilité d'LMS BUSINESS CONSULTING d'accueillir le chercheur et de lui faciliter son travail en lui accordant un accès à suffisamment d'interlocuteurs issus, si possible de catégories différentes pour recueillir le plus grand nombre de témoignages possibles est le principal critère qui nous a guidés dans le choix du terrain.

L'ensemble de ces avantages peut dégager une première idée sur l'éventuelle richesse des résultats auxquels on pourrait aboutir.

Dans notre projet de recherche, nous ne cherchons pas à expliquer la réalité ou de la construire mais simplement de comprendre le sens que les acteurs lui donnent, ainsi que la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion au sein des PME à travers les interprétations qu'en font l'ensemble du personnel au sein de la firme.

L'objectif primordial est donc de voir la place qu'occupe l'ERP dans le contrôle de gestion au sein des PME pour pouvoir le comprendre.

L'étude de cas nous semble en parfaite adéquation avec nos intentions de recherche, il s'agit bel et bien d'une démarche de découverte puisque le travail de recherche s'inscrit dans la nouveauté étant donné que c'est le premier à rassembler « SI : ERP, contrôle de gestion et PME ».

Pour faire face à la difficulté de l'objet étudié, nous avons opté pour une méthode qualitative, matérialisée par l'élaboration d'un guide d'entretien.

En effet, selon « Evard » toutes les études exploratoires nécessitent des méthodes qualitatives. Cette étude qualitative portera sur une PME, au sens d'Olivier TORRES, nous envisageons de mener des entretiens individuels semi-directif en utilisant un guide structuré semi directif auprès de plusieurs acteurs, à savoir le contrôleur de gestion, le DAF, le directeur du développement de production de SI de logistique, d'approvisionnement et directeur général.

La durée des entretiens varie entre 1h45 et 2h30 dans le but d'aborder une série de thématiques préalablement définies sur le contrôle de gestion et sa performance, l'implantation de l'ERP ainsi que les pratiques antérieures du CG et les modalités du changement organisationnel liées à l'implantation des ERP.

Pour ce qui est de l'étude quantitative il s'agira d'identifier les pratiques des dirigeants à la lumière des manuels, ces pratiques sont généralement analysées en termes de pilotage d'une part et de calculs coûts/prix d'une part.

Il est à signaler que les méthodes de la comptabilité analytique (coûts complets, coût cible, imputation rationnelle, méthode abc) se cachent derrière le calcul des coûts et des prix, par contre le pilotage fait référence aux tableaux de bord aux prévisions, à l'analyse des écarts, aux objectifs individuels et collectifs et à la production de résultats intermédiaires.

Il sera tout d'abord question d'établir une distinction en termes de taille à l'intérieur même de la tranche des PME étudiées.

Selon Nobre, les entreprises de 50 à 100 salariés utilisent peu les tableaux de bord, la fixation d'objectifs individuels et collectifs, la procédure budgétaire et l'analyse d'écarts.

Quant aux résultats intermédiaires, ils sont calculés trimestriellement voire semestriellement. Dans les entreprises de plus de 100 personnes, les outils du contrôle de gestion sont plus formalisés et les résultats intermédiaires sont calculés mensuellement. Cela permet de conclure que « plus l'entreprise est petite moins les méthodes sont utilisées et plus les temps entre chaque contrôle sont longs ».

C'est le rôle joué par le client ainsi que les caractéristiques du processus de production/produit qui influencent les méthodes utilisées.

Pour ce qui est des outils de pilotage, la taille est clairement un élément explicatif dans la mesure où l'accroissement de cette dernière renforce le besoin d'outils de pilotage de l'activité.

La taille est considérée également comme un facteur déterminant par Lavigne au sujet des Systèmes d'Information Comptable (SIC) alors que les facteurs de comportements sont jugés insignifiants. Même constat de Van Caillie, qui estime que « plus l'entreprise est grande, plus le contrôle de gestion est développé (en termes de méthodes utilisées en interne, en termes de fréquence des contrôles et d'acteurs gravitant autour du contrôle de gestion) ».

En effet les buts et la taille sont les éléments essentiels du contrôle de gestion dans les PME.

Nous allons essayer d'étudier les caractéristiques de l'offre dans les PME, un facteur assez peu examiné vu que la façon dont l'entreprise crée de la valeur impacte ses modes opératoires de contrôle.

RÉFÉRENCES

- [1] YVES DE RONGE « L'impact des ERP sur le contrôle de gestion : une première évaluation », FINECO, volume 10, 2000.
- [2] Nobre Thierry « LE CONTRÔLEUR DE GESTION DE LA PME » Association Francophone de Comptabilité | « Comptabilité - Contrôle - Audit » 2001/1 Tome 7.
- [3] Boitier Marie « L'influence des systèmes de gestion intégrés sur l'intégration des systèmes de contrôle de gestion ». Comptabilité - Contrôle - Audit 2008/1 (Tome 14).
- [4] Meyssonier François et Pourtier Frédéric « Les ERP changent-ils le contrôle de gestion ? ». Comptabilité - Contrôle - Audit 2006/1 (Tome 12).
- [5] Naro Gérald « LA DIMENSION HUMAINE DU CONTRÔLE DE GESTION : LA RECHERCHE ANGLO-SAXONNE SUR LES ASPECTS COMPORTEMENTAUX DE LA GESTION BUDGÉTAIRE ». Association Francophone de Comptabilité | « Comptabilité - Contrôle - Audit » 1998/2 Tome 4.
- [6] EVARD « Fondements et méthodes des recherches » Dunod (2009).
- [7] Olivier TORRES « Les PME par Olivier Torrès » Collection dominos Economica en 1998.
- [8] Lavigne « LE DESIGN DU SYSTÈME DE CONTRÔLE DE GESTION DES PME : UNE QUÊTE DE STABILITÉ ADAPTATIVE » (2002).
- [9] Van Caillie « L'exercice du contrôle de gestion en contexte PME ». (2003)
- [10] ANTHONY, R « La fonction contrôle de gestion, The management control function ». (1993).
- [11] MAHLR, JEAN « Guide de management des systèmes d'informations. Edition HERMES SCIENCES PUBLICATIONS (2002).
- [12] EL ALAMI ABDELALI « Le rôle de la petite et moyenne entreprise dans le développement et la création de l'emploi, cas de l'Afrique » (1987).
- [13] CHAPPELLIER PHILLIPE « Profils de dirigeants et données comptables de gestion en PME » (1994).
- [14] Quivy et Van Campenhoudt « Guide d'accompagnement de la formation à la recherche ». (1995)
- [15] MACHESNEY MICHEL « La PME : une gestion spécifique ? (1991).
- [16] BESSON P. « Les ERP à l'épreuve de l'organisation », <https://www.cairn.info/revue-systemes-d-information-et-management-2016-2-page-17.htm?contenu=article> (1999)
- [17] Bouquin Henri « Dans Les fondements du contrôle de gestion » pages 3 à 8. <https://www.cairn.info/les-fondements-du-contrôle-de-gestion--9782130590132-page-3.htm> (2011)
- [18] Lorino « Le contrôle de gestion après la crise. Expertise obstinée du chiffre ou métier d'enquête complexe ? Revue française de gestion 2009/3 (n° 193), pages 29 à 35. <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2009-3-page-29.htm> (2009)
- [19] Amine Rajae « Les clusters au Maroc : vers l'émergence d'une nouvelle politique industrielle territoriale » Marché et organisations 2016/2 (n° 26), pages 93 à 120. <https://www.cairn.info/revue-marche-et-organisations-2016-2-page-93.htm> (2016)
- [20] Refait-Alexandre Catherine « La prévision de la faillite fondée sur l'analyse financière de l'entreprise : un état des lieux », Economie & prévision 2004/1 (no 162), pages 129 à 147. <https://www.cairn.info/revue-economie-et-prevision-2004-1-page-129.htm> (2004)
- [21] Zawadzki Cindy « Enjeux et difficultés de l'introduction du contrôle de gestion : une étude de cas en PME ». <http://theses.fr/2009METZ002D> (2009)

