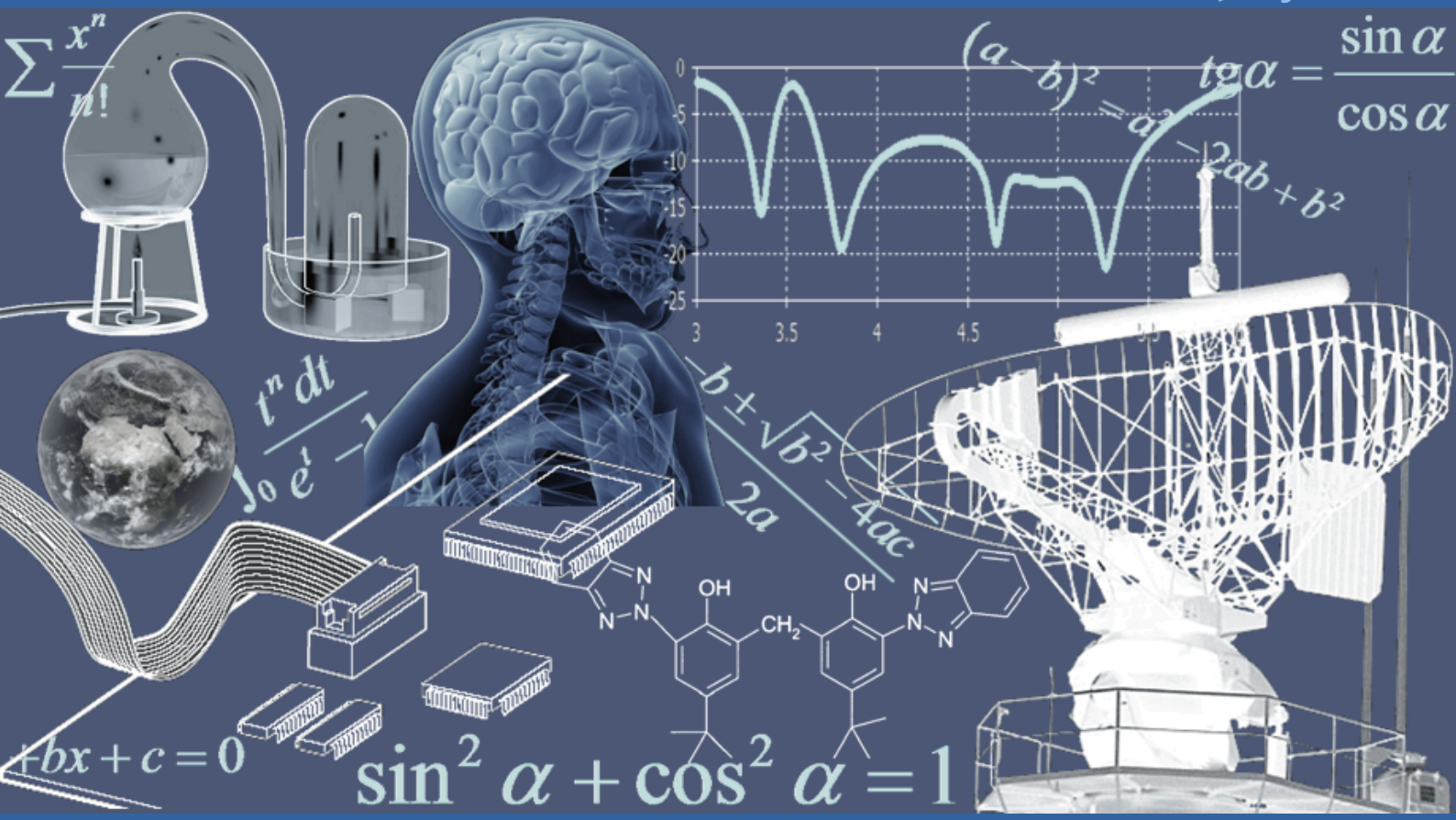
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 4.279

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 26 N. 4 July 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Diseño de una aplicación para Android usando como referencia la Guía PMBOK y SCRUM direccionada al aprendizaje de conceptos de la materia Gestión de proyectos 859-868

Miriam Elizabeth Peña González, Patricia María Marcillo Sánchez, Johana Patricia Zumba Gamboa, Cristhian Nahum Martillo Avilez, and Cecibel Alexandra León Arriaga

Réforme du secteur de la sécurité en République Démocratique du Congo : Contraintes, contexte, défis et enjeux stratégiques 869-882

Jean-Hervé MBELU BIOSHA

Modèle de construction d'habitats en terre : Cas d'adobe manuel en Afrique au sud du Sahara 883-887

Bozabe Renonet Karka and Taïpabe Djoui

Successful advertising strategy 888-914

Arafa Othman Mustafa Abdallah

Composition nutritionnelle et capacité antioxydante de quatre variétés de tomate (Lycopersicon esculentum mill) cultivées en Côte d'Ivoire 915-925

Syndoux Dembélé, N'dri Emmanuel Koffi, Ibrahima Cissé, Amissa Augustin Adima, Koffi Yao, and Anin Atchibri Anin Louise

RESISTANCE DU SORGHO (SORGHUM BICOLOR L. MOENCH) AUX LEPIDOPTERES FOREURS DE TIGES: CAS DES VARIETES LOCALES DE CONTRE SAISON DANS LA REGION DE L'EXTREME-NORD, CAMEROUN 926-937

Jacques Djodda, Nukenine Nchiwan Elias, Ngassam Pierre, and Bouba Djilé

Identification des sites favorables à l'installation des centrales solaires photovoltaïques à l'aide de l'analyse multicritères et des SIG : Cas de l'arrondissement de Bélabo, Cameroun 938-952

Tegno Nguekam Eric Wilson and Kamtchoua Mbetjock Camille

Influence de l'image du pays d'origine du produit sur le comportement d'achat : Une application dans le contexte camerounais 953-964

KUATE KAMGA Sangeniss Leblanc, EWODO MEKA Roland, and TCHATA KEZETA Bili Samuel

Evaluation de la vulnérabilité de la nappe libre de la zone des Niayes (Sénégal) par les méthodes DRASTIC, SINTACS et Index de Susceptibilité (SI) 965-984

Pape Babacar Diop Thioune, Saïdou NDAO, Mahécor Diouf, Mamadou Salif Diallo, Abdoulaye Diédhiou, and El Hadji Bamba DIAW

Essaie de caractérisation des souches des endomycorhizes symbiotes des bananiers et bananiers plantains (Musa sp.) de la région de Kisangani (RDC) 985-991

Crispin B. Lebisabo, Joseph G. Adheka, Didy O. Onautshu, G. Hassert, and Benoit D. Dhed'a

Taxonomic diversity and structure of Macroinvertebrates in two small marginal lagoons of the South-eastern of Côte d'Ivoire 992-1003

Babopie Raymonde Dion, Kouadio Justin Konan, Laurince Michel Yapo, and Philippe Kouassi KOUASSI

Approche stochastique de la congestion dans les réseaux 2G à 4G+ 1004-1021

BADIBI OMAK A. Christopher and Kalala Mutombo Franck

Employees attitudes towards participation leadership 1022-1037

Nhla Abdalgayoum Abdalrahman

Performance of crushed silexite 0 / 31.5 in a seat layer 1038-1051

Souleymane Mbengue, Djibril Sow, Fatou Samb, Astou Diokhané, Makhali Ba, and Ibrahima Khalil Cisse

Caractéristiques structurales et importance relative de la flore ligneuse autour de deux ruchers installés dans la forêt classée de Badenou (Nord de la Côte d'Ivoire) 1052-1065

KONE Dofoungo, OUATTARA Noufou Doudjo, IRITIE Bruno Marcel, and WANDAN Eboua Narcisse

Pétrologie des corps sédimentaires crétacés du Moungo-Fleuve (Sous-Bassin Sédimentaire de Douala, Cameroun) 1066-1077

Christel Sobdjou KEMTEU, Abakar MAHAMAT, François Bidzang NDONG, Mero Yannah, Gabriel NGUEUTCHOUA, and Simon NGOS III

Roles, Responsibilities and Ethical Principles of University Teachers 1078-1083

Muhammad Foysal Mubarak and Kh. Atikur Rahman

SYNTHESIS AND CHARACTERISATON OF NEW ASYMMETRIC TRIAZACYCLOHEXANES COMPOUNDS 1084-1088

L. Lefrada, R. D. Köhn, A. Bouchemma, F. Schaper, and S. Malki

The use of ICT in teaching practice in ISUTIC 1089-1096

Campos Calenga Pataca

Characterization of the refractive index of isotropic materials by three-detector microwave ellipsometry 1097-1107

A. I. H. Gogo, B. Bayard, A. Moungache, and F. GAMBOU

Etude comparée de 3 attiéké traditionnels et d'un attiéké commercial (Garba): Enquêtes sur les méthodes de production et caractéristiques physicochimiques du ferment de manioc et des différents produits finis 1108-1133

Justine Bomo Assanvo, Georges N'zi Agbo, Pierre Coulin, Christoph Heuberger, and Zakaria Farah

Etude des caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques du pétiole du rônier du Tchad 1134-1146

Kimtangar NGARGUEUDEDJIM, Djidengar Lazare, DEUDJONBE Baruc, GUY EDGARD NTAMACK, and NZIE Wolfgang

Comparative Study of Three Algorithms (MPPT) Applied to Photovoltaic Systems 1147-1158

Adel Soualmia and Rachid Chenni

Structuration de la population agricole de la filière anacarde (Anacardium occidentale (L.) Anacardiaceae) et caractérisation des plantations dans les régions du Bounkani et du Gontougo en Côte d'Ivoire 1159-1169

Diulyale KAMBOU, Tchoa KONE, Brahima André SOUMAHORO, Yaya TOURE, Koffi Fernand Jean-Martial KASSI, Seydou TUO, Daouda KONE, and Mongomaké KONE

minéralogique et niveau d'évolution d'un Cambisol développé sur schiste dans la région d'Azaguié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire 1170-1179

Kouadio Emile YOBOUE, Koffi Patrice KOUADIO, Ange Delwende Laurette KABORE, and Albert YAO-KOUAME

Biodiversité et stocks de carbone dans les différents peuplements forestiers d'Isangi, RD Congo 1180-1192

Célestin ADEITO MAVUNDA, Faustin BOYEMBA BOSELA, Adrien DJOMO, and John KATEMBO MUKIRANYA

Conception de diagrammes ternaires de classification des sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes 1193-1202

Assalé Fori Yao Paul and Aka Kouamé

Measurement of Farm Productivity of Rice: A Case of Bangladesh 1203-1210

Farzana Yeasmin, Dilshad Zahan Ethen, Ismat Ara Begum, and Fardous Ara Happy

L'impact de mix marketing sur la décision d'achat féminine des produits cosmétiques : Cas de la wilaya de Béchar, Algérie 1211-1219

Benali Amina

Typologie de la pêche sur le lac de barrage de Buyo (Fleuve Sassandra, Côte d'Ivoire) 1220-1229

GOLI BI Binta Eric Pacôme, KIEN Kouassi Brahima, KAMELAN Tanoh Marius, Siaka BERTE, and KOUAMELAN Essetchi Paul

Thermo-mechanical characterization of building component with crushed millet stalk fiber 1230-1239

Mame Mor Diarra NDIAYE, Pape Moussa TOURÉ, Younouss DIEYE, and Prince Momar Gueye

INTERRELATION ENTRE LES FACTEURS SOCIO-DEMOGRAPHIQUES ET LES PARAMETRES SERIQUES AU COURS DE LA GROSSESSE CHEZ DES FEMMES ENCEINTES (CHU COCODY-COTE D'IVOIRE) 1240-1246

Essé Sonia-Estelle, Kouamé Konan Joël, NGuessan Anon Franck-Donald, and Amoikon Kouakou Ernest

Mesure du degré d'intégration financière internationale des pays de la CEDEAO : Une analyse du paradoxe de Feldstein et Horioka (1980) 1247-1259

N'GUESSAN Kouakou Romain

Crise écologique et la responsabilité humaine : Une lecture de l'encyclique « LAUDATO SI » du Pape François 1260-1268

Jean Rufin MUNKUOMO GONZALEZE

Le projet Yabra dans le District de Yamoussoukro : Un modèle d'aménagement hydro-agricole à l'épreuve du temps 1269-1279

ZOGBO Zady Edouard, KOUASSI Konan, and Narcisse ASSI KAUDJHIS

Adsorption du colorant textile Jaune 11 sur du charbon actif issu de la coque d'arachide 1280-1292

David Léonce KOUADIO, Moussa DIARRA, Bi Dieudonné Tra Tra, Djamètché Paul valery AKESSE, Baba Donafologo SORO, Kouassi Narcisse ABOUA, Ladji MEITE, Mamadou KONE, Ardjouma DEMBELE, and Karim Sory TRAORE

LES JUSTICIABLES DE LA COUR CONSTITUTIONNELLE A L'EPREUVE DU DOUBLE DEGRE DE JURIDICTION EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO 1293-1309

Emile DHEKANA TS'RBA MALUA and YEBENE YEBENE AMISI

Benefit of the aesthetic properties of natural elements and activating them to develop a scientific methodology to teach the art of glass design 1310-1328

Shaimaa Salama Ibrahim Desoki

Evaluation de quelques cultivars de manioc (Manihot esculenta Crantz) en fonction des populations de mouches blanches (Bemisia tabaci Genn), des maladies et de la fertilisation du sol 1329-1345

A. Mogo, E. Temgoua, J. Djeugap Fovo, Fotso, J. Fomekong Nopogwo, E. L. Ngonkeu Mangaptche, R. Ghogomu Tamouh, Noé WOIN, M. Yemefack, and M. Tene Thierry

Meaningful storytelling as a brand engagement approach : A Conceptual Framework 1346-1357

Rania Farouk Abdel Azim Nakhil

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 859-868
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diseño de una aplicación para Android usando como referencia la Guía PMBOK y SCRUM direccionada al aprendizaje de conceptos de la materia Gestión de proyectos

[Design of an application for Android using as a reference the PMBOK and SCRUM Guide addressed to the learning of concepts of the subject Project Management]

Miriam Elizabeth Peña González[1], Patricia María Marcillo Sánchez[2], Johana Patricia Zumba Gamboa[2], Cristhian Nahum Martillo Avilez[2], and Cecibel Alexandra León Arriaga[2]

[1]Ingenieria en Networking y Telecomunicaciones,
Universidad de Guayaquil/Facultad de Ciencias Matemáticas Y físicas,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

[2]Ingenieria en Sistemas Administrativos Computacionales,
Universidad de Guayaquil/Facultad de Ciencias Administrativas,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2019 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 get involved in the design of mobile application, using the IDE of Android Studio, generating a concise and interactive learning method through the concepts of the PMBOK Project Management Guide and SCRUM determined as a very practical and strengthened method in good management practices and agile processes the same ones that allow programmers to quickly identify an agile and concise flow to the customer's requirements, thus promoting knowledge of good project development practices. For this we also incur in the increase of our critical mass, the same one that will allow us to be objective and dynamic with focus of the optimization of the time in the Management and implementation.

KEYWORDS: PMBOK, agile, methodology, SCRUM, Project.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En las actividades académicas que tienen relación con el estudio de una metodología para enrumbar un proyecto en el ambiente de la gestión y el control de la optimización de los tiempos en las tareas habituales siempre se sugiere a los alumnos ir hacia instrumentaciones ya existentes y entre las herramientas más conocidas están Project de Microsoft office, quedando a veces fuera del uso habitual, cuando los estudiantes no tienen conocimientos ni practicas de esta herramienta. En mi cátedra de Gestión de Proyectos para los alumnos de la carrera de Ingeniería de Sistemas, el pensum académico está encaminado al uso de la guía PMBOK, encontrándonos nuevamente con otro obstáculo; el manejo de la guía resulta muy extensa y demasiado administrativa para el sustento académico de los alumnos técnicos ya que su necesidad de la realidad como programadores está más argumentada en procesos de metodologías ágiles tales como SCRUM o CRYSTAL, pero a las mismas en cambio les falta todo el argumento de la planeación de los objetivos, los alcances y los involucrados. Presentándoseme así un problema pero que a la vez me permitió visualizar una oportunidad. Explorando estas necesidades que se presentan en el mundo actual

Corresponding Author: Miriam Elizabeth Peña González

a propósito de la vertiginosidad con que cambia la tecnología, y luego de experimentar y poner a prueba mi metodología de Emprender para aprender, he logrado hacer una combinación usando la parte administrativa e inicial de la Guía PMBOK y la parte del control del desarrollo de los programadores con la metodología SCRUM. Cuando el factor tiempo apremia en la gestión de la catedra, exigir que un alumno lea para desarrollar códigos y a la vez planear el proceso, se vuelve una tarea complicada; por lo cual debi recurrir a una solución creativa y rápida que permita memorizar los conceptos claros y precisos y esta fue diseñar una aplicación para móvil usando como metodología de programación SCRUM&PMBOK.

En la actualidad dentro de los hábitos de vida de las personas, el teléfono se ha convertido en una parte indispensable; especialmente con la interacción de juegos en línea, la dependencia que ha logrado el individuo con un dispositivo móvil nos brinda una oportunidad y hay que aprovecharla en todo sentido, especialmente el académico.

Es por esta razón que se usa una APP en el diseño de la programación de una trivia para mostrarla como un desafío, que podrá ir midiendo con un reporte sistemático y evaluando a través de un examen cíclico, cuando el participante se equivoque, automáticamente se expondrá la respuesta correcta con lo que despejará su incógnita y fijará el concepto en su memoria [1]. Dentro de los hábitos de vida de las personas el teléfono es una parte indispensable de interacción comunicacional, especialmente con los diversos juegos en línea, que cada día aparecen más y más creando dependencia con el individuo y esto nos brinda una oportunidad que hay que aprovecharla en todo sentido especialmente en el académico.

1.2 PROBLEMA

Un gran problema que ostentan los alumnos en el trayecto de su vida académica es memorizar algunos conceptos de diversas asignaturas en las que se define una extensa teoría que a la larga los induce a ir perdiendo el interés o simplemente desviar sus prioridades.

Ante esta dificultad, el maestro se encuentra limitado al momento de impartir su cátedra, ocasionando un retraso en el aprendizaje, debido a que el alumno está en un nivel más bajo de captar en su totalidad los conceptos de la materia que cursa. [2].

Hasta este punto, nos hemos sentido identificados con la problemática en el hábito de la lectura, actividad que hoy en día para cualquier profesional, es la herramienta principal para leer una gran cantidad de datos y tener discernimiento y masa crítica. para entenderlos pero sobre todo aplicarlos a los nuevos estándares que se han multiplicado de manera exponencial gracias a las Tics.[3]. Cuando se intenta adquirir una costumbre diferente a la que se posee, se generan incertidumbres del resultado acorde a la persistencia del individuo, es por ello que nos hemos enfocado en la materia de Gestión de Proyectos la misma está basada en la Guía PMBOK y SCRUM.[4], lo que determina un camino un poco pesado tratar de lograr obtener masa crítica de alto nivel conceptual.

Para fijar una sensación de aprendizaje constante sobre el tema, es necesario la repetición y concentración la cual se ejecutará mediante un banco de preguntas basados en los cuestionarios para Certificación de PMI (Project Management Institute), con el objetivo de fijar un concepto claro, que forme parte del juicio adquirido por el alumno y utilizando la herramienta más recurrente que conserva actualmente la humanidad, la que calificaríamos hasta de imprescindible como es el Smartphone. [5]

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la carencia de conocimientos en esta área y la falta de hábitos en la lectura, hemos optado por diseñar una Aplicación Android (App), la misma que contendrá una interfaz gráfica amigable que ayude en la facilitación del aprendizaje de los conceptos de Gestión de Proyectos.[6]. Por lo que será de mucha utilidad y motivación al momento de optar por un cambio en su rutina diaria de lectura, que se verá reflejada en el ámbito estudiantil, específicamente de la catedra de Gestión de Proyectos, pero también ayudará a elevar el argot comunicacional tanto laboral como social.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo fundamental de este proyecto es diseñar una APP que además de incentivar a la lectura, motive y ayude a estudiar los conceptos de la materia Gestión de Proyectos basados en un modelo Hibrido de combinación entre PMBOK & SCRUM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el argumento de programación definiendo el uso de la guía expuesta en clase PMBOK & SCRUM.
- Diseñar la aplicación móvil.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se realizará basándonos en metodologías ágiles (SCRUM), dichas características generales se mencionan a continuación. [7]

- La prioridad es satisfacer al usuario mediante continuas entregas de software que le aporte un valor.
- Dar la bienvenida a los cambios con actividades de juegos motivacionales de preguntas y respuestas.
- Se deben capturar todos los cambios para que el usuario tenga una ventaja competitiva

3 METODOLOGÍA

Existe un sin número de metodologías, ya sean ágiles o tradicionales que se pueden llegar a utilizar para llevar a cabo un proyecto, en la siguiente tabla mostramos una breve comparación entre las metodologías ágiles y la metodología tradicional.

Tabla 1. Comparación de metodologías ágiles vs metodologías tradicionales.[8]

Metodología Ágil	Metodología Tradicional
Pocos Artefactos. El modelado es prescindible, modelos desechables.	Más Artefactos. El modelado es esencial, mantenimiento de modelos.
Pocos Roles, más genéricos y flexibles	Más Roles, más específicos.
No existe un contrato tradicional, debe ser bastante flexible	Existe un contrato prefijado.
Cliente es parte del equipo de desarrollo (además in-situ).	El cliente interactúa con el equipo de desarrollo mediante reuniones esporádicas (ven avances).
Orientada a proyectos pequeños. Corta duración (o entregas frecuentes), equipos pequeños (< 10 integrantes) y trabajando en el mismo sitio	Aplicables a proyectos de cualquier tamaño, pero suelen ser especialmente efectivas/usadas en proyectos grandes y con equipos posiblemente dispersos
La arquitectura se va definiendo y mejorando a lo largo del proyecto	Se promueve que la arquitectura se defina tempranamente en el proyecto
Énfasis en los aspectos humanos: el individuo y el trabajo en equipo	Énfasis en la definición del proceso: roles, actividades y artefactos
Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código	Basadas en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo
Se esperan cambios durante el proyecto	Se espera que no ocurran cambios de gran impacto durante el proyecto

Tomando como referencia las diversas comparaciones existentes, hemos optado por elegir una metodología ágil, ya que el proyecto tiene un alcance de entrega corta estimada. A continuación, detallaremos brevemente las características que poseen las metodologías ágiles más utilizadas.[9]

3.1 PROGRAMACIÓN EXTREMA

3.1.1 LAS HISTORIAS DE USUARIO

Corresponden a la técnica utilizada para especificar los requisitos del software.

3.1.2 ROLEX XP

La propuesta original de Beck incluye los siguientes roles [10]:

- Programador
- Cliente
- Encargado de pruebas (Tester).
- Encargado de seguimiento (Tracker).
- Entrenador (Coach).
- Gestor (Big boss).

3.1.3 PROCESO XP

El ciclo de desarrollo consiste en los siguientes pasos:

1) El cliente define el valor del negocio a implementar.
2) El programador estima el esfuerzo necesario para su implementación.
3) El cliente selecciona qué construir, de acuerdo con sus prioridades y las restricciones de tiempo.
4) El programador construye ese valor de negocio.
5) Vuelve al paso 1

3.1.4 PRACTICAS XP

La principal suposición que se realiza en XP es la posibilidad de disminuir la mítica curva exponencial del costo del cambio a lo largo del proyecto, lo suficiente para que el diseño evolutivo funcione.[10]

3.2 CRYSTAL

Las personas, así como los dispositivos activos, tienen modos de éxito y modos de fallo. Al método se lo llama Crystal evocando las facetas de una gema.

Los siguientes son los principales criterios:

- Cuando el número de personas aumenta, también aumenta la necesidad de coordinar.
- Cuando el potencial de daños se incrementa, la tolerancia a variaciones se ve afectada.
- La sensibilidad del tiempo en que se debe estar en el mercado varía
- Las personas se comunican mejor cara a cara, con la pregunta y la respuesta en el mismo espacio de tiempo
- Adquirir conocimiento
- El factor más significativo es “comunicación”.

En cuanto a las técnicas, se favorecen:

1) Entrevistas de proyectos.
2) Talleres de reflexión.
3) Planeamiento Bits.
4) Estimación Delphi con estimaciones de pericia.
5) Encuentros diarios de pie.
6) Miniatura de procesos.
7) Gráficos de quemado.
8) Programación lado a lado.

3.3 SCRUM

La primera y última fase (planificación y clausura) consisten en procesos definidos, donde todos los procesos, entradas y salidas están bien definidas.

Se desarrollan iteraciones diarias, semanales y mensuales llamadas “Sprint”. El equipo de desarrollo decide que funcionalidad incluir o no en cada iteración estimándose el tiempo necesario para terminar las tareas. [11].

Sus fases consisten en:

1) Pre-juego. - Planificación: definición de una nueva entrega basándose en un "Backlog" conocido junto a un costo y cronograma estimados.
2) Juego. - Desarrollo de los Sprint
3) Post ¬juego. - Clausura: preparación para la entrega, incluyendo la documentación final, prueba y entrega.

Una vez detallada las características de cada una de ellas, seleccionamos la Metodología SCRUM como la más adecuada para llevar a cabo nuestro diseño.

3.4 MARCO TEÓRICO

3.4.1 HERRAMIENTAS

Para el desarrollo de la Aplicación utilizamos las siguientes herramientas básicas pero muy útiles al momento de crear un producto final con pocos recursos y de buena calidad. A continuación, se detallan cada una de ellas.[12].

- **Appsmoment**. proporciona fácilmente un sistema de herramientas en línea que permita la creación de su estructura y diseño a través de HTML y CSS.[13] (Fig. 1)

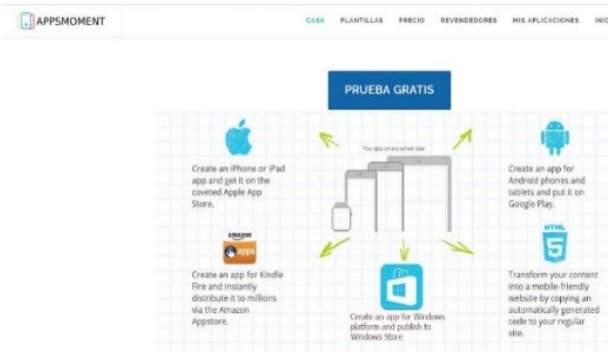


Fig. 1. Plataforma Appsmoment

- **App Teste.-** Utilizada con el objetivo de comprobar la funcionalidad otorgada por el desarrollador, nivel de usabilidad que le dará el usuario final y la consistencia o estabilidad coherente de la aplicación.[14]. (Fig. 2).

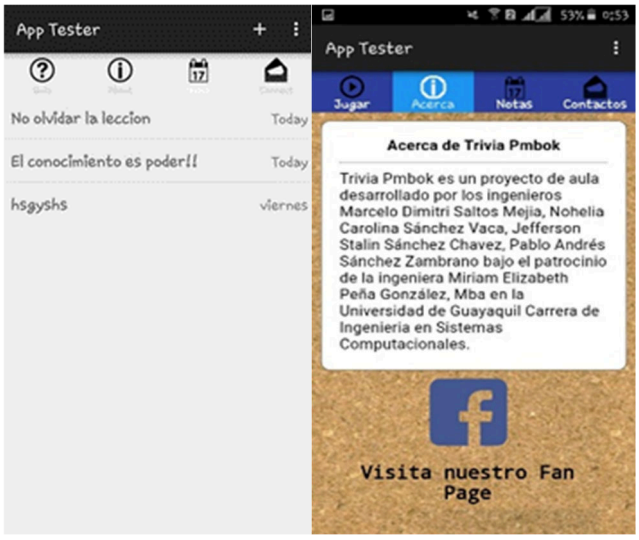


Fig. 2. Pruebas con App Tester

- **Photoshop.-** Destinado para crear o producir las imágenes que el usuario final podrá observar, las mismas que tendrán que ser interpretables e identificables a simple vista, con el objetivo de captar su atención y permanencia en la aplicación. [15] (Fig. 3).



Fig. 3. logotipos de la app

- **Webhost**.- Hosting web gratuito, para el almacenamiento y levantamiento de información respectiva, con el propósito de utilizarla en el transcurso del juego.[16]. (Fig.4).

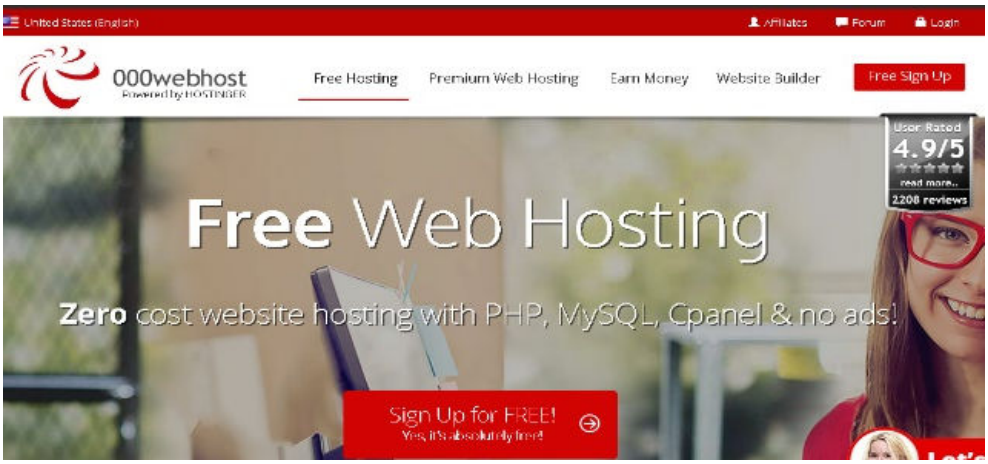


Fig. 4. Free Web Hosting

3.4.2 DISEÑO PARA EL DESARROLLO

Para el proceso, nos enfocamos en el producto ya terminado que debe interactuar con los usuarios de una manera amigable y llamativa, eligiendo una plantilla que nos servirá como base para la interfaz. La que se presenta en la siguiente imagen (Fig. 5)

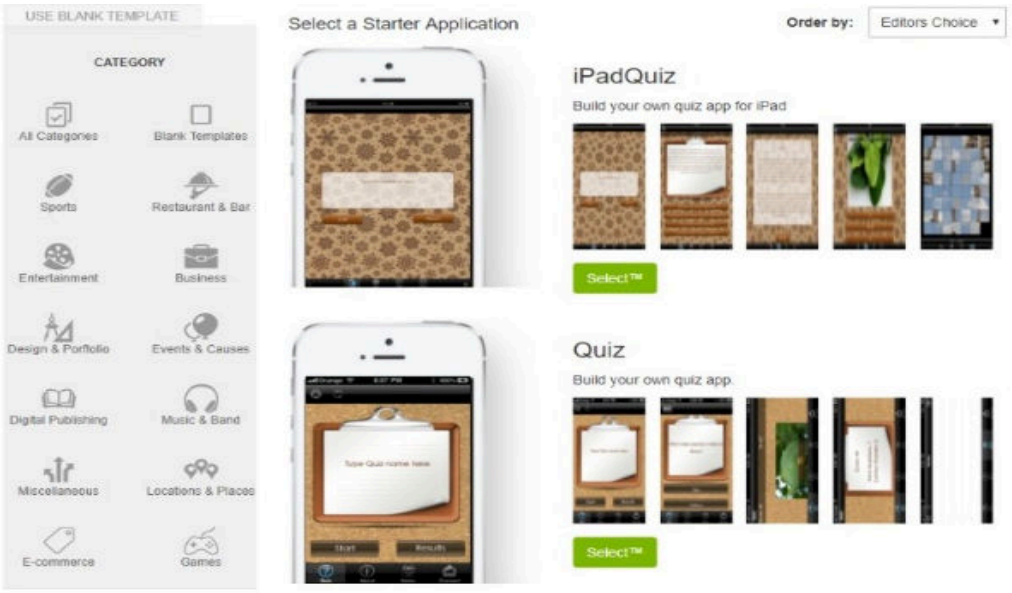


Fig. 5. plantilla para la creación de la app

Codificación a través de HTML y CSS para la creación interactiva de las preguntas (Fig. 6)

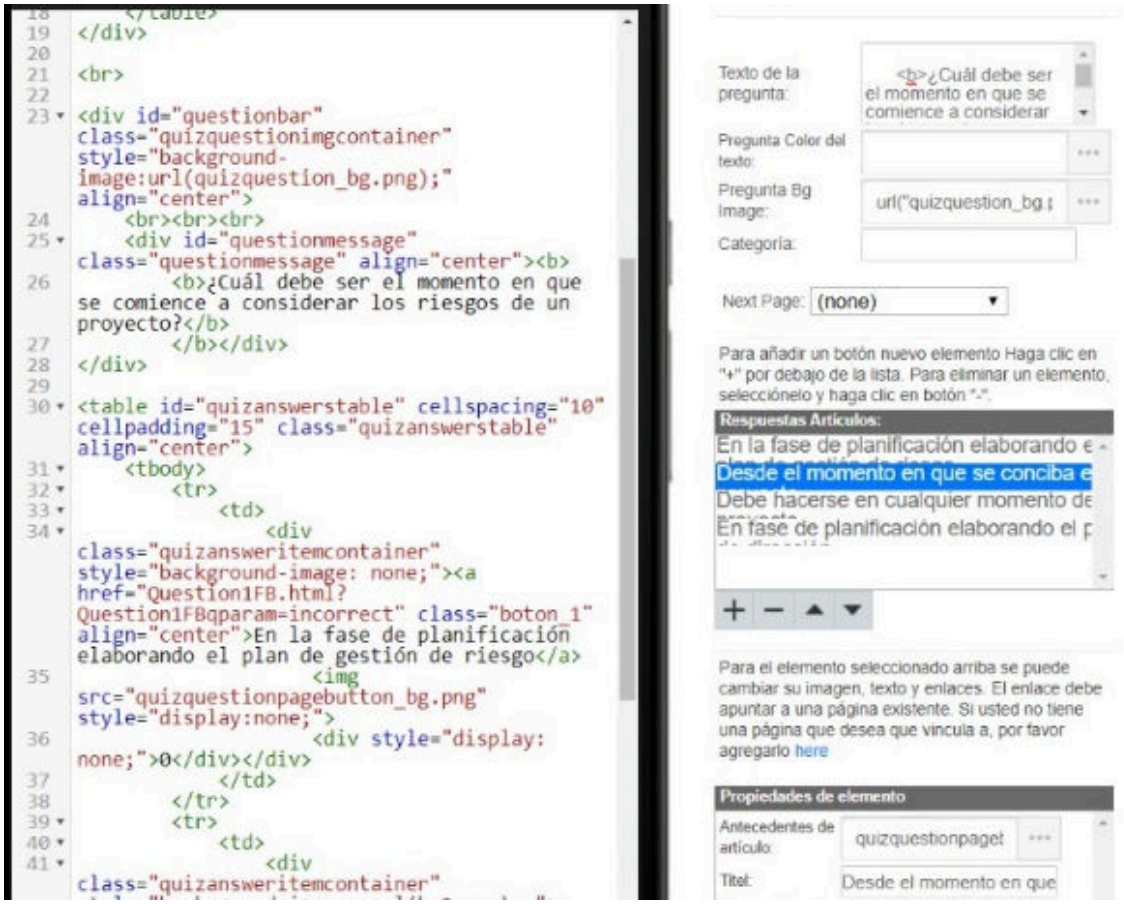


Fig. 6. codificación

3.4.3 PRUEBAS

Una vez terminado el código, se procede a la utilización de un emulador de Android para la realización de las primeras pruebas.[12] (Fig. 7)

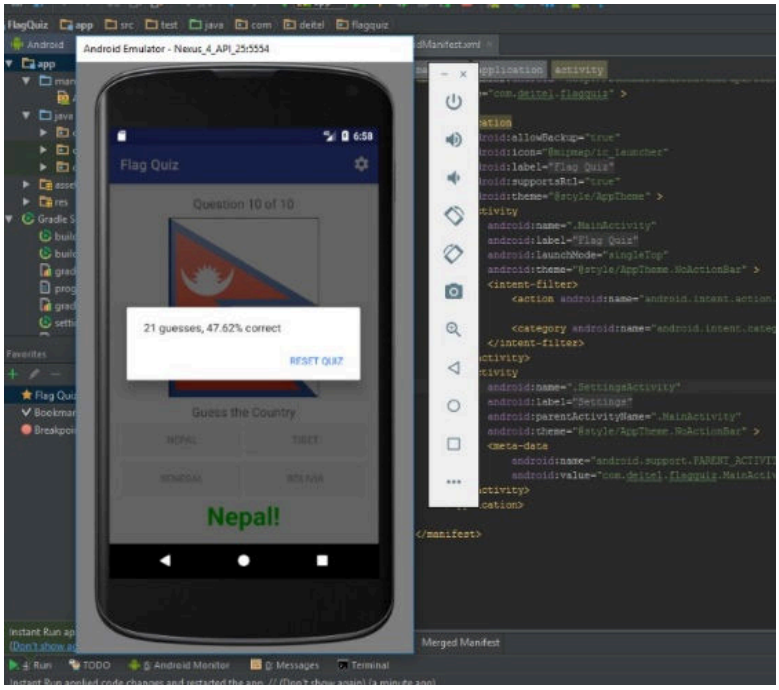


Fig. 7. Emulador de Android

Hacemos uso de la herramienta App Tester como una prueba final del producto terminado. (Fig. 8)

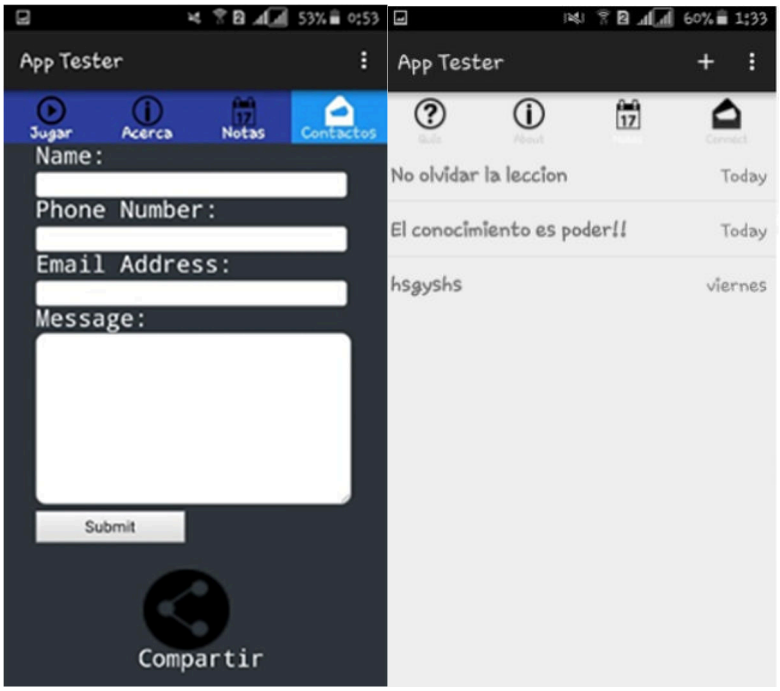


Fig. 8. Tester de la App

3.4.4 IMPLEMENTACIÓN

Una vez terminada las pruebas, se lleva a cabo su implementación y así poder lograr el objetivo propuesto que es el de fomentar el aprendizaje de los conceptos de la materia Gestión de Proyectos mediante una aplicación de Android. A continuación, se mostrará el resultado obtenido de todo el proceso antes visto (Fig. 9 y Fig. 10)

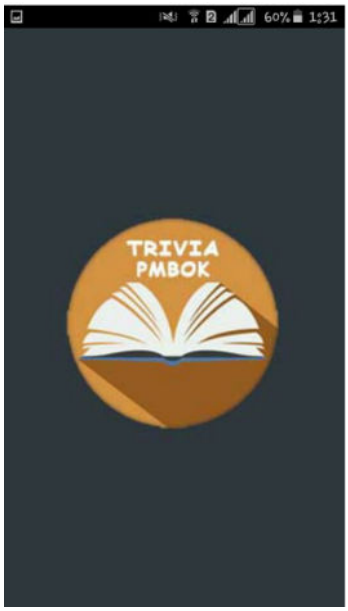


Fig. 9. Resultado final 1

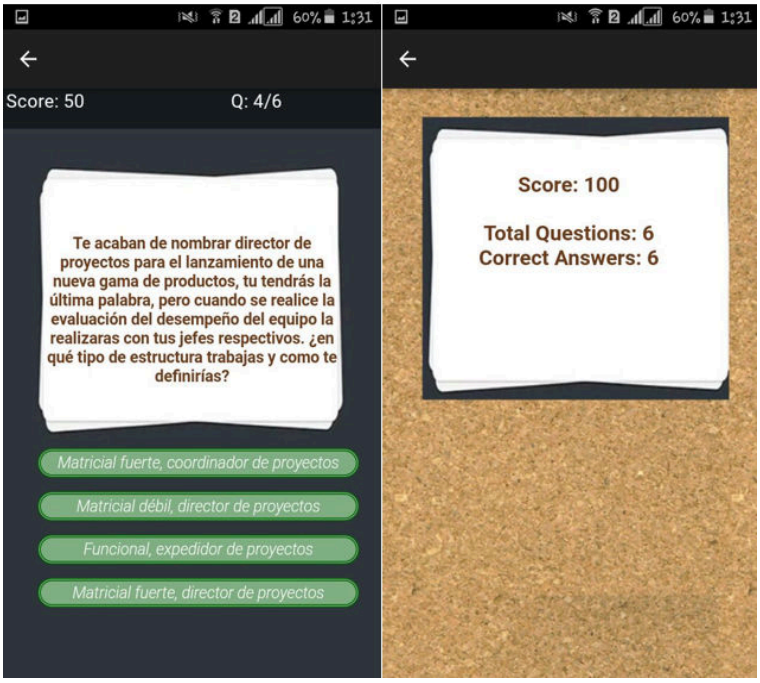


Fig. 10. Resultado final 2

4 RECOMENDACIÓN

Usar un método de marketing como campañas CPI (pago por instalación), Facebook Ads, Twitter Ads y como un valor agregado al proyecto, se pueden obtener beneficios económicos para lo cual se deberá registrar la app en Admob cuya finalidad será mostrar publicidad.

5 CONCLUSIÓN

El presente artículo ayudará a incentivar el aprendizaje de la Guía Hibrida diseñada con PMBOK & SCRUM usando lo que en la actualidad es de uso masivo para los estudiantes, como lo son las aplicaciones móviles jugando a responder preguntas justamente involucradas con la Gestión de Proyectos. Un sinnúmero de personas que cuenten con un Smartphone (celular inteligente) cuyo sistema operativo sea Android, podrá descargar e interactuar con la aplicación cuando sea desarrollada por los propios alumnos, iniciando así un viaje hacia el conocimiento en el ámbito de Gestión de Proyectos, no enriquecerá tan sólo sus conocimientos, sino que también alcanzará el hábito de la buena lectura, concluyendo así con nuestro objetivo propuesto y dejando las huellas de mejorar este aplicativo para futuros cambios en las múltiples metodologías de enseñanzas.

REFERENCIAS

[1] González, M.P., L.G.L. Rivas, and S.D.L. Rivas, Agregación jerárquica para la priorización de requisitos de software [Hierarchical aggregation for software requirement prioritization]. International Journal of Innovation and Applied Studies, 2016. **15**(4): p. 731.
[2] Garcés Lanchero, D.L., Material educativo computarizado un desafío y oportunidad para el aprendizaje en el aula de niños con dificultades lectoescriturales. 2014.
[3] Muñoz-Repiso, A.G.-V. and A.D. González. Integración de las TIC en la práctica escolar y selección de recursos en dos áreas clave: Lengua y Matemáticas. in La práctica educativa en la Sociedad de la Información: Innovación a través de la investigación. 2011. Editorial Marfil.
[4] Contreras, M.E.R., L.A.E. Villamizar, and A.O. Duarte, Modelo de integración de las actividades de gestión de la guía del PMBOK, con las actividades de ingeniería, en proyectos de desarrollo de software. Avances en Sistemas e Informática, 2011. **8**(2): p. 97-106.
[5] Lledó, P. and G. Rivarola, Gestión de proyectos. 2007: Pearson Educación.
[6] Gironés, J.T., El gran libro de Android. 2012: Marcombo.
[7] Canós, J.H. and M.C.P.P. Letelier, Metodologías ágiles en el desarrollo de software. 2012.
[8] Letelier, P. and M.C. Penadés, Métodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP).
[9] Duarte, A.O. and M. Rojas, Las metodologías de desarrollo ágil como una oportunidad para la ingeniería del software educativo. Avances en Sistemas e Informática, 2008. **5**(2).
[10] Beck, K. and E. Gamma, Extreme programming explained: embrace change. 2000: addison-wesley professional.
[11] León Silvestre, J.J., App Web SCRUM. 2014.
[12] Blanco, P., et al., Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Dr. en Ing. Sist. Telemáticos, 2009: p. 1-30.
[13] Hernández Claro, R.L. and D. Greguas Navarro, Estándares de diseño Web. Ciencias de la Información, 2010.
[14] Hassan, Y., F.J. Martín Fernández, and G. Iazza, Diseño web centrado en el usuario: usabilidad y arquitectura de la información. Hipertext. net, 2004(2).
[15] BARTOLOMÉ PINA, A., El diseño y la producción de medios para la enseñanza. Tecnología Educativa. Madrid, Síntesis, 1999: p. 71-86.
[16] Juárez Aguayo, M., G. San Martin, and L. Alberto, Diseño de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) para preparación de aspirantes al Nivel Superior del IPN.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 869-882
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Réforme du secteur de la sécurité en République Démocratique du Congo : Contraintes, contexte, défis et enjeux stratégiques

[Security sector reform in the Democratic Republic of Congo : Constraints, context, challenges and strategic issues]

Jean-Hervé MBELU BIOSHA

Chef de Travaux et Doctorant en Sciences Politiques et Administratives, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 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 challenges for security sector reform in the DRC are manifold. From now on, they must be seen in the broader perspective of stabilizing territorial integrity and national sovereignty. These objectives have led to a number of issues: economic, territorial and end of conflict in the eastern provinces.

KEYWORDS: reform, security, constraints, context, challenges, strategic issues.

RESUME: Les défis pour la réforme du secteur de sécurité en RDC sont multiples. Désormais, ils doivent être envisagés sous l'angle plus large de la stabilisation de l'intégrité territoriale et de la souveraineté nationale. De ces objectifs, il en découle plusieurs enjeux : économiques, territoriaux et fin des conflits dans les provinces de l'Est.

MOTS-CLEFS: réforme, sécurité, contraintes, contexte, défis, enjeux stratégiques.

1 INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, dans un contexte global de crise généralisée, résultant de cinquante ans de prédation et des guerres successives, suite à la nouvelle politique étrangère américaine d'après le 11 Septembre 2001, centrée sur la maîtrise et la réduction des théâtres des conflits et d'instabilité à travers le monde, la réforme du secteur de la sécurité est devenue un élément central de l'agenda de la communauté internationale dans les Etats touchés par des conflits.

En République Démocratique du Congo, les principaux acteurs de l'intervention internationale (Etats et organisations multilatérales confondues), n'ont pas eu du mal à s'accorder sur la nécessité de la Réforme du Secteur de la Sécurité. Le consensus intellectuel a été presque immédiat entre tous les acteurs. Depuis 2003, cette prise de conscience s'est traduite par une série d'initiatives menées avec le soutien des bailleurs de fonds, dans les secteurs de la police, de l'armée et de la justice. Mais globalement, les résultats de toutes ces initiatives sont restés mitigés.

Certains observateurs tiennent pour responsable des problèmes actuels de la réforme, à la fois la communauté internationale et le gouvernement congolais [1] : la première parce qu'elle n'a pas su comprendre la complexité de l'environnement des réformes, fournir une mission de la paix d'une ampleur et d'une force suffisantes, investir les ressources nécessaires et coordonner efficacement les nombreuses initiatives d'assistance bilatérale et multilatérale ; et le gouvernement est, pour sa part, critiqué pour son manque de volonté politique, dans le processus de la réforme, pour avoir accordé la priorité aux opérations militaires pour défaire les rebelles au détriment des réformes en profondeur.

Corresponding Author: Jean-Hervé MBELU BIOSHA

Certes, les raisons de la lenteur des progrès de la RSS sont multiples et complexes à cerner. Mais il est aussi clair que le besoin de réformer le secteur de la sécurité est d'autant plus grand que la capacité de l'Etat à la mener est faible, car l'effondrement des institutions congolaises de sécurité depuis le milieu des années 1990 s'est accompagné de celui, plus large, des capacités gouvernementales. Cela a eu pour conséquence de créer un environnement difficile pour les réformes, une situation aggravée par la persistance des tensions dans l'Est du pays, laquelle a accru la dépendance de la RDC envers l'aide militaire extérieure.

En l'absence d'une vision nationale claire de la RSS et face à des besoins humanitaires pressants, les bailleurs ont pris la responsabilité de définir et de diriger le programme de cette réforme. Si leurs interventions ont permis de donner un élan considérable aux réformes de la sécurité en RDC, il convient de noter que cela s'est effectué aux dépens de l'appropriation nationale du processus par les congolais.

Pilier central de la souveraineté de l'Etat, le secteur de la sécurité est hautement sensible. Il n'est donc guère surprenant que le gouvernement ait résisté à un grand nombre de ces interventions extérieures.

L'absence de consensus sur la nature, l'orientation et même le rythme de la RSS a eu plusieurs conséquences qui sont particulièrement problématiques pour le processus de réforme. Premièrement, cette absence de consensus a conduit à une approche fragmentée de la RSS, caractérisée par une multiplicité des visions extérieures et nationales concurrentes de la réforme [2]. Les motivations et les structures tant du côté gouvernemental que celui des bailleurs ne favorisent guère la conjugaison des efforts communs. Il n'existe pas de direction claire de la RSS d'un côté comme de l'autre qui soit acceptée par tous les acteurs concernés. Plusieurs Etats, par exemple, continuent de préférer fournir leur assistance en matière de la Réforme du secteur de sécurité dans un cadre bilatéral traditionnel, plutôt qu'en coordination avec les autres partenaires.

Deuxièmement, la tendance à travailler seul accroit la probabilité d'une approche technique de l'assistance. C'est particulièrement le cas dans le domaine militaire où prédomine une approche « former et équiper », mettant davantage l'accent sur le renforcement des capacités militaires que sur le développement de forces de sécurité responsables. En plus, un suivi efficace desdites assistances n'est pas organisé. Cette insistance sur l'aspect technique reflète en partie l'urgence des réformes, une préférence de la part de nombreux acteurs, tant nationaux qu'internationaux, en vue d'une solution militaire au conflit dans les provinces de l'Est, sans compter la difficulté de travailler avec des institutions gouvernementales faibles.

Cette approche permet aussi aux bailleurs et au gouvernement d'éviter plus facilement de devoir s'engager dans les réformes de la gouvernance, plus difficiles et plus sensibles politiquement, mais qui sont absolument nécessaires pour créer un appareil de sécurité qui répond le mieux aux besoins des populations. Ces réformes concernent, entre autres, le contrôle civil des institutions de sécurité, la participation publique aux processus de définitions des politiques publiques en ce domaine, la gestion financière et les efforts nécessaires pour s'attaquer au problème de l'impunité.

Troisièmement, l'absence de vision commune de la réforme à mener démontre que la demande de réformes est plus exprimée par la communauté internationale que par les acteurs nationaux eux-mêmes. Cette situation accroit non seulement l'impression que les réformes seront soumises aux priorités politiques d'acteurs extérieures, mais elle amenuise également les chances en ce qui concerne la durabilité et la continuité du processus de la réforme lui-même.

Pour tenter de cerner les contraintes, appréhender le contexte et comprendre les enjeux stratégiques de la réforme du secteur de sécurité en République Démocratique du Congo, il nous parait important de faire un bref aperçu du contexte historique et politique dans lequel les institutions sécuritaires ont évolué depuis l'époque coloniale jusqu'aujourd'hui. C'est à cette tâche que va s'atteler cette réflexion.

2 CONTEXTES HISTORIQUE ET POLITIQUE DU SECTEUR DE LA SECURITE EN RD CONGO

2.1 PÉRIODE POST COLONIALE ET RÉGIME DE MOBUTU

Domaine privé du roi LEOPOLD II sous l'appellation d'Etat Indépendant du Congo (EIC, 1885-1908), puis colonie belge entre 1908 et 1960, la République Démocratique du Congo accède à l'indépendance le 30 Juin 1960 au terme d'une période politique agitée entre l'élite politique congolaise et la métropole.

Pendant la colonie, en 1888 la « Force Publique » fut mise en place afin de maintenir l'ordre public interne et protéger le pays contre les menaces extérieures[1]. Mais en réalité, cette Force publique avait pour rôle essentiel l'implantation de la colonie et la protection des intérêts de cette dernière par la force. Au lendemain d'une indépendance politique arrachée à contrecœur à la Belgique, le Congo est entré dans une période chaotique de 1960 à 1965, marquée par l'Assassinat de Patrice Emery LUMUMBA et par des rebellions armées mulelistes contre l'armée nationale congolaise jusqu'au coup d'Etat militaire du 24 novembre 1965 qui a porté au pouvoir le général MOBUTU.

Pour asseoir son pouvoir, Mobutu s'est appuyé sur l'armée, baptisée « Forces Armées Congolaise » (FAC), instaurant une dictature militaire doublée d'un monopartisme politique où les pouvoirs de l'Etat étaient organisés au sein d'un parti unique, le Mouvement Populaire de la Révolution de 1967 à 1990. Durant cette période, le pouvoir législatif, appelé Conseil Législatif, fondu au sein du MPR parti-Etat, n'avait aucun pouvoir de contrôle effectif sur les forces de sécurité, en commençant par les FAC, devenues Forces Armées Zaïroises (FAZ) en 1971 et sur les divers services de renseignement existants.

Bien que les forces de police, de gendarmerie et de la garde civile aient existé à différentes époques après l'indépendance, le régime de Mobutu avait tendance à utiliser l'armée contre les menaces aussi bien externes qu'internes. Craignant un coup d'Etat, il avait placé aux postes clés des officiers de sa tribu Ngbandi et de sa province natale, l'Equateur. Il prit la précaution de placer l'armée sous son contrôle direct. Il était par moment simultanément commandant en chef, chef du Conseil national de Sécurité, Ministre de la défense et chef d'Etat-major de l'armée. Mobutu créa également une armée à double standard avec les unités d'élite, comme la Division Spéciale Présidentielle (DSP) et sa triste célèbre unité « Dragon » du corps parachutiste, ou le Service d'Actions et de Renseignements Militaires (SARM), qui bénéficiaient d'une formation, d'une rémunération et des conditions de vie préférentielles, tandis que le reste de l'armée devait souvent recourir à l'extorsion et autres abus pour nouer les deux bouts du moi. Ceci provoqua sa perte.

Le chevauchement des structures de commandement et la concurrence entre les différents corps de l'armée affaibliront considérablement l'organe même sur lequel il comptait pour tenir le pays.

Bouclier de la dictature, rattachés directement à la Présidence de la république, les services des renseignements avaient pour mission essentielle de rechercher des renseignements sur les personnes et les activités jugées subversives pour la sécurité du régime. Lorsque l'Alliance des Forces Démocratiques pour la Libération du Congo (AFDL) de Laurent-Désiré Kabila envahit le pays en 1996, l'armée de Mobutu se désintégra et les rebelles, après avoir conquis toutes les provinces du pays, prirent la capitale Kinshasa sans rencontrer la moindre résistance [3].

Et pourtant certains éléments des unités d'élite étaient compétents et nombreux d'entre eux avaient été formés dans les meilleures écoles militaires en Europe, au Moyen-Orient et aux Etats-Unis. De même, le Congo disposait d'un système interne assez cohérent d'enseignement militaire professionnel, bénéficiant de l'assistance de divers alliés occidentaux, avant que Mobutu ne tombe en disgrâce. Aujourd'hui, la plupart de ces éléments les plus compétents restent en dehors des structures de sécurité, voire à l'extérieur du pays [4].

Dans ces conditions, il n'était pas possible de s'attendre à un quelconque contrôle démocratique du secteur de la sécurité reposant sur la responsabilité, la redevabilité et la transparence des services de sécurité vis-à-vis du peuple. Bien au contraire, et comme ce fut le cas pendant la période coloniale, les forces de sécurité s'étaient renforcées en procédant à la répression de la population et des opposants au régime, créant ainsi un fossé toujours difficile à combler jusqu'à ce jour. Dans un tel contexte, la quasi-totalité des activités militaires et de renseignements étaient considérées secret-défense. Toute idée de responsabilité était ignorée, compte tenu de la suprématie du rôle de l'armée et des autres services de sécurité, fer de lance de la dictature, sur les autres institutions. Plus encore, lorsque les décisions concernant les services de sécurité étaient prises, elles ne faisaient l'objet d'aucun débat car censées être du domaine réservé du Chef de l'Etat, de ses conseillers en matière de sécurité, et de hauts gradés des forces armés [5].

Par ailleurs, dès lors que les représentants du peuple n'exerçaient pas de contrôle sur ce secteur, il va de soi que la société civile était elle aussi mise à l'écart de la gouvernance en ce domaine.

En fait, cette société civile était constituée des organisations œuvrant au sein du Mouvement Populaire de la Révolution (MPR). C'est ainsi que nous pouvons dire que l'implication de la société civile dans la gouvernance démocratique

[1] Pendant la 1ère Guerre Mondiale, la Force Publique avait chassé les Allemands hors du Rwanda et du Burundi. Pendant la seconde Guerre mondiale, les forces congolaises ont été utilisées contre les troupes italiennes en Ethiopie.

est récente. En effet, elle remonte au lendemain de l'ouverture de la sphère politique dans les années 1990. Plus récent encore est l'engagement de la société civile dans la surveillance démocratique du secteur de la sécurité.

Les brèches d'ouverture au multipartisme suite au vent de la démocratie, appelé aussi vent de la perestroïka, a contraint les dictatures militaires sur le continent africain à abdiquer et à laisser un peu plus d'espace au pouvoir législatif. Mais commence alors en RDC une nouvelle période de crise politique, aggravée par une économie déjà moribonde. La dictature s'obstine au pouvoir et n'envisage aucune alternative jusqu'à l'entrée en scène d'une opposition armée, soutenue de l'intérieur par la population et de l'extérieur par le Rwanda, l'Ouganda et certaines puissances occidentales.

Rongées par la crise et la corruption et spécialisées dans la répression de civils, les forces de sécurité, jusqu'alors piliers de la dictature, organisent une vague de pillages à travers le pays, précipitant ainsi à la mort les rares entreprises qui résistaient encore. C'est ainsi qu'en mai 1997, ces forces de sécurité sont contraintes d'abdiquer devant la rébellion de l'Alliance des Forces Démocratiques pour la Libération du Congo, conduite par Laurent Désiré KABILA.

2.2 FORCES DE SÉCURITÉ DANS LA PÉRIODE POST-DEUXIÈME RÉPUBLIQUE

Après sa prise du pouvoir le 17 mai 1997, Laurent D. KABILA comptait beaucoup sur une unité d'élite, son Groupe Spécial de Sécurité Présidentielle (GSSP). Mais, sa tentative de réorganiser l'armée fut un désastre, en grande partie, parce qu'il en avait confié la mission à un général rwandais, James KABAREBE, qu'il avait nommé chef d'Etat-major des forces armées, et qui mit sur pied les nouvelles forces armées congolaises avec des intérêts stratégiques rwandais en tête. C'est ainsi que de nombreux anciens soldats de Mobutu moururent de faim et par manque de soins médicaux au centre d'entrainement de Kitona, où ils avaient été internés pour se recycler, tandis que les Rwandais complotaient pour renverser le Président L.D. KABILA, qu'ils venaient tout juste d'installer au pouvoir.

En 1998, suspectant un coup d'Etat imminent, L.D. KABILA ordonna à ses anciens alliés, le Rwanda et l'Ouganda, de quitter le pays. Loin d'obtempérer, ils envahirent de nouveau le pays et déclenchèrent une guerre destructrice, dite cette fois « guerre de correction » impliquant les armées régulières de sept voire de neuf pays africains, une multitude de mouvements rebelles et de milices congolaises et étrangères, en plus de nombreux acteurs privés du continent et de l'Occident. Cette seconde guerre s'est internationalisée à tel point qu'elle finit par être qualifiée de « première guerre mondiale d'Afrique » [6].

En Janvier 2001, Laurent Désiré KABILA est finalement assassiné et Joseph Kabila lui succède. Ce dernier n'avait pas non plus une grande confiance dans cette armée, au sein de laquelle il considérait un certain nombre d'éléments comme hostiles. Il renforça encore la garde présidentielle avec des membres de la tribu de son père, les Lubakat, et créa son propre cabinet militaire présidentiel (la maison militaire), en parallèle au commandement national [7]. La garde présidentielle, placée sous son contrôle direct, fut renforcée jusqu'à compter entre 12 et 15000 hommes. De son côté, l'armée nationale est restée faible et mal formée, sa cohésion étant largement assurée par le Zimbabwe et l'Angola.

Mais les tares qui ont par le passé paralysé l'appareil de sécurité (rôle de l'armée confus, police faible, contrôle civil négligeable, tribalisme, salaire inégaux, etc.) sont les mêmes problèmes qui minent les services de sécurité actuels. Sans assistance extérieure, les forces de sécurité congolaises ont à plusieurs reprises montré leurs limites face à des adversaires déterminés, que ce soit lors de deux guerres du Shaba en 1977 et 1978 ou contre l'AFDL en 1998. L'armée congolaise semble souffrir aujourd'hui exactement les mêmes maux. Elle fut incapable en 1998 de repousser à elle seule le Rassemblement Congolais pour la Démocratie, (RCD), de faire face aux milices créées par les pays voisins de l'Est ou de mettre au pas les milices qu'elle avait elle-même mises sur pied comme par exemple les Mai-Mai au Katanga [8].

L'accord de paix de Sun City, appelé Accord global et inclusif, signé en 2002, a reparti le pouvoir entre les anciens belligérants. L'accord a distribué les principaux postes civiles du gouvernement de transition entre les signataires et jeter les jalons concernant la gouvernance, les élections, la réunification du pays, le désarmement et la réintégration des groupes armés. Par ailleurs, la réforme du secteur sécuritaire n'y fut évoquée que superficiellement, puisque les mesure pratiques d'intégration des diverses factions armées, des forces de police et des services de sécurité furent remises à plus tard.

En d'autres termes, l'accord de Sun city n'a pas défini clairement les principes et mécanismes appropriés pour fusionner les diverses armées belligérantes en une nouvelle armée nationale réellement unifiée. Le partage des postes au niveau de la structure de commandement fut une autre question épineuse. En fin de compte, les postes de chef d'Etat-major et de commandant de l'armée de l'air furent attribuées au parti de Joseph Kabila, tandis que le RCD et le MLC récurent respectivement le commandement de l'armée de terre et des forces navales.

Par leur volonté de conserver des structures de commandement suffisamment faibles pour qu'aucune partie belligérante ne puisse en prendre le contrôle, les négociateurs de Sun City ont créé des structures de pouvoirs multiples et concurrentes.

Aucune évaluation complète du secteur de la sécurité n'a été entreprise. Il n'y a eu par conséquent aucun effort de réformer les services de sécurité sur la base d'un examen minutieux des risques, des besoins et des capacités.

Les lacunes de l'Accord global et inclusif de Sun City résument en partie la nature consensuelle d'un accord de paix compliqué et trop longtemps attendu. Néanmoins, les négociations politiques de Sun City ont le mérite d'avoir permis la fin de la guerre et d'avoir jeté les bases de la réforme du secteur de la sécurité et de la justice. Elles seront suivies d'un processus de désarmement, démobilisation et réinsertion des combattants mené avec l'appui de la communauté internationale. Les anciens groupes et forces armés seront brassés et intégrés dans la nouvelle armée congolaise appelée Forces Armées de la République Démocratique du Congo, FARDC en sigle.

A la veille de l'organisation des élections présidentielle et législative de 2006, près de dix-huit brigades intégrées sont passées par des centres de brassage et plusieurs unités de la Police Nationale Congolaise ont suivi des formations sur le maintien et le rétablissement de l'ordre public pour la sécurisation des élections.

Mais, l'appui des bailleurs de fonds à la réforme du secteur de la sécurité n'a pas été à la hauteur des besoins. Le financement de la réforme de la sécurité a davantage été centré sur le programme de démobilisation plutôt que sur la consolidation de l'armée et de la police. Sans une amélioration réelle des structures de sécurité, le pays demeure un château de carte et son développement sujet à caution.

3 REFORME DU SECTEUR DE SECURITE EN RDC : UN PROGRAMME INCOMPLET ET SANS VISION GLOBALE

3.1 CONTRAINTES

Le programme de la réforme du secteur de la sécurité en RDC est incomplet et manque de vision globale commune. La Garde Présidentielle, les services de renseignements civils et militaires et le service chargé du contrôle des frontières y sont éclipsés. Leur éventuelle inclusion ne semble pas être à l'ordre du jour.

Ces services qui échappent à la réforme constituent un réel danger contre la démocratie et la liberté des citoyens garanties par la constitution. Evoluant en dehors de tout contrôle démocratique, ils perpétuent l'héritage d'une époque révolue, celle de la répression et des arrestations arbitraires.

L'absence d'un contrôle démocratique dans ce secteur leur permet d'être hors champs des enquêtes judiciaires et encourage l'impunité et la prédation. Les services de renseignements ont également connu une expansion généralisée de leur mandat et de leurs pouvoirs sans parler des nombreuses questions que pose leur intervention dans le domaine politique et civil.

Le secteur de renseignement a besoin non seulement d'un changement « mais d'une transformation radicale susceptible de produire une rupture avec l'ordre ancien » [9].

Le programme de la réforme du secteur de sécurité en République Démocratique du Congo est également caractérisé par l'absence d'une coordination ou d'une coopération entre d'une part, les différents ministères entre eux, entre le gouvernement et le parlement et entre le gouvernement, le parlement et la société civile d'autre part.

L'inexistence des rapports intra systémiques entre ces différents acteurs traduit l'absence d'un organe capable de se positionner en centralité des intérêts institutionnels divergents, de procéder à un arbitrage de haut niveau et de donner une impulsion à la réforme du secteur de la sécurité [10].

Selon la constitution, la justice militaire doit faire l'objet d'une réorganisation qui va la rapprocher de la magistrature civile, ce qui implique un dialogue encore inexistant entre le ministère de la Justice et celui de la Défense. De même, la redondance entre les compétences de la police judiciaire sous l'autorité du ministère de l'Intérieur et celles de la police des parquets sous l'autorité du ministère public n'a pas trouvé de solution, les deux autorités tenant jalousement à conserver chacune le contrôle d'une police[2].

[2]Cet exemple soulève l'une des caractéristiques de la gouvernance de la chose publique en RDC : Les politiques publiques disparates, juxtaposition des plans et cacophonie entre les ministères

Il ne s'agit pas là d'un constat nouveau. L'instauration d'un secteur de la sécurité réformé constitue une étape fondamentale pour remplir l'ensemble des autres objectifs, qu'il s'agisse de mettre un terme à la crise humanitaire, d'empêcher les atteintes aux droits de l'homme, d'encourager les investissements et la croissance économique, d'éliminer le commerce illicite des minerais ou de prévenir une escalade des tensions régionales. Il est largement admis qu'une sécurité suffisante est un impératif économique, géostratégique et de développement incontournable. Le gouvernement congolais en a d'ailleurs reconnu l'importance primordiale dans le contrat de gouvernance qu'il a élaboré au lendemain des élections de 2006[3], repris par le Président de la République dans son allocution devant l'ONU en novembre 2011. Tous les principaux acteurs bilatéraux et multilatéraux ont entrepris un large éventail de programmes de réforme du secteur de la sécurité allant du renforcement des capacités au système de justice, en passant par la reconstruction des infrastructures clés ou la formation des militaires et des policiers. Pour les Nations-Unies, la RSS permet d'améliorer la sécurité d'un pays en la rendant plus efficace.

Par rapport à cet objectif, les efforts de réforme militaire et des autres services de sécurité ont échoué, tant pendant la transition qu'après, et ce, pour deux raisons essentielles à savoir le déficit de volonté politique de la part du gouvernement congolais, et l'inadéquation et la mauvaise coordination de l'assistance fournie par l'ensemble des partenaires extérieurs de la RDC.

3.2 CONTEXTE

3.2.1 GOUVERNEMENT CONGOLAIS : UNE VOLONTÉ POLITIQUE INSUFFISANTE

La réforme du secteur de sécurité en République Démocratique du Congo est une politique publique qui rencontre une forte résistance et subit les contraintes des enjeux du pouvoir à la fois du passé mais aussi du présent.

Le gouvernement congolais n'a pas fait preuve de la volonté nécessaire pour mener à bien les réformes du secteur de la sécurité, notamment dans le domaine militaire. En réalité, un coup d'œil rapide à l'histoire des échecs de la réforme semble indiquer que le gouvernement redouterait une armée professionnelle et efficace, car celle-ci risquerait de mettre à mal les intérêts politiques et financiers bien établis de l'élite congolaise dirigeante. Le gouvernement a freiné la nomination des hauts fonctionnaires au sein des organismes clés, n'a pas réussi à convenir d'un plan stratégique viable pour la réforme ni à mener à bien les plans convenus, a permis ou fermé les yeux sur la corruption endémique et les abus au sein de l'armée et des autres services de sécurité.

Cela est imputable en partie à un manque de capacité institutionnel et à la faiblesse du plan de base dédié à la réforme. En effet l'intégration d'anciens belligérants au sein de structures militaires et policières unifiées pendants la transition, processus connu sous le nom de « brassage », a été incomplète et inefficace. Des chaines de commandement parallèles ont subsisté dans l'armée et au sein d'autres structures de sécurité, et des combattants sont restés au sein d'autres groupes armés non étatiques, par exemple le Congrès National pour la Défense du Peuple, CNDP en sigle ou les Mai-Mai, etc. Le contrôle administratif assuré par le gouvernement a été faible, notamment dans l'Est du pays. L'administration post 2006 s'est ainsi immédiatement retrouvée confrontée à divers opposants armés[4].

Signalons en outre une forte sensibilité à l'ingérence internationale sur les questions de sécurité, avec la surveillance étroite qu'avait exercée la communauté internationale pendant la période de transition, mise en application par le CIAT[5] et la MONUC, qui a suscité une frustration, voire une humiliation des dirigeants congolais.

Le gouvernement congolais défend jalousement son autonomie et rechigne à traiter collectivement avec la communauté internationale. Il n'a pas pris suffisamment de mesures pour mettre un terme à la corruption, à l'indiscipline et à la faiblesse des structures de commandement qui nuisent aux efforts de réforme dans le secteur de la sécurité. Malgré la déclaration à

[3]Le contrat de gouvernance a été diffusé auprès des donateurs en même temps que le 1er budget post électoral en 2007. La RSS est le premier thème qui y ait été abordé. Voir à ce sujet www.un.int/drcongo/archives/contrat de gouvernance / pdf disponible en ligne.

[4]Les défis les plus immédiats étaient posés par la garde armée de J.P Bemba à Kinshasa, le CNDP de Laurent KUNDA dans l'Est, ainsi que les FDLR et la LRA, des groupes Mai-Mai congolais et la violence inter communautaire sporadique.

[5]Le Comité International d'Accompagnement de la Transition CIAT était un organisme constitué des ambassadeurs dont la mission formelle était de conseiller les autorités transitoires. Mais a suscité un grand ressentiment parmi de nombreux acteurs congolais qui y ont vu une atteinte à la souveraineté de la RDC.

fort retentissement du Président de la République Joseph Kabila en juillet 2009, annonçant une « tolérance zéro » à l'égard de la violence sexuelle et de la corruption, la situation sur terrain n'a que trop peu évolué. Le soutien accordé à la justice, aux enquêtes et à la lutte contre la corruption est minime et manifestement déficitaire. Le ministère de la Justice s'est ainsi vu attribuer seulement 0,1% des dépenses gouvernementale en 2011[6]. De nombreux individus qui occupent un poste à responsabilité au sein du gouvernement ou de l'armée continuent de profiter de la corruption, que ce soit en prélevant des pots-de-vin, en prenant part à l'exploitation ou au commerce illégal des minerais, des armes, ou encore en rackettant les gens en échange d'une protection.

Bien que le gouvernement congolais ait lui-même mis en exergue l'intérêt de la réforme du secteur de la sécurité, il existe un déficit de vision nationale globale de la politique de défense et de sécurité en RDC. Un modèle destiné à l'armée congolaise a été élaboré avec le soutien de la communauté internationale, après de nombreux faux départs.

En effet, un plan de réforme de l'armée a été élaboré en 2009, après la présentation d'un modèle précédant appelé « plan directeur de la réforme de l'armée », devant les partenaires extérieurs lors d'une table ronde organisée à Kinshasa en 2008, modèle qui a par la suite été largement rejeté. Il faisait suite à un plan stratégique pour l'intégration des forces armées publié en Août 2005. Un comité commun sur la réforme de la justice appelé « comité mixte de la justice » a été constitué cette même année, co-présidé par le ministère de la Justice et un haut diplomate. Un « plan d'action prioritaire » pour le secteur de la justice d'une durée de trois ans a été lancé en 2007. Un organe de la coordination de la réforme de la police, baptisé, « comité de suivi de la réforme de la police » a quant à lui été lancé par le ministère de l'Intérieur en 2008 [11].

Une commission conjointe pour la RSS a été instaurée en 2005, mais elle a été inefficace. Son sous-comité de défense a dû être présidé par un agent de la MONUC car le congolais qui y a été désigné n'était pas disponible [12]. Cela révèle le peu d'intérêt politique que le gouvernement accorde à la coordination. Un plan logistique a été conçu conjointement avec la mission EUSEC de l'Union Européenne début 2011, mais il n'a pas été mis en œuvre. Le plan de la réforme d'armée n'a pas été suivi d'un programme pratique de mise en œuvre, il reste théorique et est souvent ignoré ou mis à mal lors des prises de décisions quotidiennes. Les changements apportés aux structures militaires tels que le processus de « régimentation » de 2011[7], par exemple, sont sans commune mesure avec la vision instituée dans le processus officiel de planification militaire.

3.2.2 COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE : UNE COORDINATION PROBLÉMATIQUE DE L'ASSISTANCE

L'un des problèmes qui permet de comprendre les difficultés auxquelles la réforme du secteur de la sécurité est confrontée concerne les attitudes et les actions de la communauté internationale. Les attitudes de la communauté internationale se caractérisent par l'incohérence politique, au travers des interventions inadéquates, incompatibles et inefficaces s'appuyant sur des priorités et des impératifs nationaux à court terme au lieu de chercher à réaliser une réforme significative et durable. La liste des donateurs et des agences qui se sont engagés envers la réforme ou la formation d'une partie des services de sécurité est longue. Mais les principaux acteurs ayant des intérêts dans la réforme du secteur de sécurité sont les Etats-Unis, l'Union Européenne, l'Union Africaine, le Royaume-Uni, la Chine, l'Angola, la Belgique, les Pays-Bas, l'Afrique du Sud et le Japon. Un répertoire partiel d'activités comprend une réforme ou une formation militaire assurée par les Etats-Unis, l'UE, l'Angola, l'Afrique du sud, la Belgique, la France, la Chine et l'ONU, une réforme ou une formation policière, par la France, le Royaume-Uni, l'UE et l'ONU ; et le renforcement des capacités par la formation dans le domaine de la justice, par l'UE, l'ONU, les Etats-Unis, etc.

Mais ces efforts unilatéraux n'ont guère contribué à améliorer la situation de manière significative ni à apporter le changement nécessaire d'attitude pour une synergie commune d'actions à mener.

Dans l'idéal, un acteur bilatéral unique serait chargé de coordonner le programme de la réforme en RDC, comme l'ont fait le Royaume-Uni en Sierra Léone et les Etats-Unis au Libéria. Cependant, l'ampleur du défi posé par le cas de la RDC et le risque politique auquel tout Etat s'exposerait en assumant une telle responsabilité, dans un contexte de concurrence entre acteurs

6le Ministère de la Justice s'est vu attribuer un budget de 5,6 millions de dollars US en 2011 sur un budget total projeté de plus de 7 milliards de dollars, soit moins de 0,1% chiffres tirés de www.ministère du budget.cd. disponible en ligne.

[7]La régimentation était un processus ponctuel de restructuration des unités militaires dans l'Est de la RDC, mené en 2011. Elle consistait à retirer des unités du déploiement actif pour les réaffecter vers de nouvelles structures de commandement, l'objectif étant de déstructurer les chaines de commandement parallèles

font que l'émergence d'une « nation cadre » est de plus en plus improbable, même si le gouvernement congolais venait à l'accepter.

Pourtant, la communauté internationale a été remarquablement unifiée jusqu'en 2006. Sous le leadership d'une mission de l'ONU activement engagée et d'un impressionnant représentant spécial du Secrétaire Général, et d'une coordination assurée par le CIAT, organisme disposant d'un statut juridique en vertu des dispositions de la transition. L'orientation de la politique s'est appuyée sur l'objectif largement convenu des élections. Mais une fois la transition terminée, des divisions ont refait surface.

Dès lors, la réforme est envisagée dans l'optique de la diplomatie du chacun pour soi et dans un jeu d'intérêts et de pressions, s'exerçant dans un contexte fortement concurrentiel qui se manifeste au travers des projets partiels à l'efficacité hypothétique.

Dans une concurrence entre les donateurs, soucieux d'exercer une influence directe sur les autorités congolaises en général et les forces de sécurité en particulier, l'ONU et l'UE sont dans une situation d'émulation pour jouer le rôle de leader en matière de la réforme du secteur de sécurité. Mais jusqu'à présent, la question n'a jamais été tranchée entre les deux institutions dont les intérêts dans cette réforme sont très forts.

Pour l'ONU, il s'en va de la justification d'une partie de son mandant de maintien de la paix [13], tandis que pour l'UE, il en va de l'affirmation et de la consolidation de la politique européenne de sécurité et de défense. (PESD) [14].

Comme nous venons de le dire, cette émulation concurrentielle entre l'Union Européenne et l'Organisation des Nations Unies se traduit par une absence de coordination et crée un effet des « cavaliers solitaires » à la recherche du pouvoir d'influence [15]. L'Angola, l'Afrique du Sud et, dans une certaine, mesure la Chine et les Etats-Unis, mènent leur propre coopération militaire en dehors de tout cadre collectif [16]. De ce fait, ces coopérations bilatérales ne s'intègrent pas dans la perspective d'un appui coordonné mais relèvent plutôt de la coopération militaire classique.

En outre, l'approche holistique empruntée par les principales institutions multilatérales en l'occurrence la Banque Mondiale, le Fond Monétaire International et la Banque Africaine de Développement complique d'avantage la lisibilité de cette réforme. En effet, ces institutions en mettant l'accent sur la problématique du développement humain, font de la réforme du secteur de la sécurité un programme fourre-tout. On y intègre tous les projets de coopération économique et de développement : réduction de la pauvreté, amélioration de la situation de la santé, l'accès à l'eau potable, droit de l'homme, le D.D.R.R, déminage, etc. Un tel programme ressemble à un ensemble des problèmes sans lien direct de causalité avec la problématique en présence.

La RDC traverse la même situation en terme de programme de la réforme dans le secteur de la sécurité, avec l'Afghanistan où le secrétaire général de l'Organisation de l'Atlantique Nord (OTAN) n'a cessé de demander aux pays contributeurs de coordonner leurs efforts dans le cadre d'un soutien logistique, financier et technique plus intégré. Ce manque de coordination fait que chaque année, des milliards de dollars se volatilisent pendant que l'insécurité ne cesse d'augmenter.

L'Irak fait aussi l'objet d'une concurrence acharnée entre la coopération bilatérale avec, à la tête, les Etats-Unis, et la coopération multilatérale dirigée par les Nations Unies à travers ses agences subsidiaires. Quand il s'agit de rétablir la sécurité ces derniers sont marginalisées voir même discréditées et jugées incompétentes d'imposer la paix par les américains et les anglais. Quant aux Nations Unies, elles jugent l'approche américaine trop dure, inadaptée et incapable de rétablir la confiance entre l'Etat Irakien et la population [17].

En définitive, qu'il s'agisse de l'Afghanistan, de l'Irak ou de la République Démocratique du Congo, il convient de noter que l'absence de la coordination dans le programme de la réforme du secteur de la sécurité et d'une approche intégrée des efforts, sape l'efficacité, la rentabilité recherchée et a des conséquences néfastes pour le succès de cette réforme.

4 DEFIS ET ENJEUX STRATÉGIQUES DE LA REFORME DU SECTEUR DE LA SÉCURITÉ EN RD

Les défis pour la réforme du secteur de sécurité en RDC sont multiples. Désormais, ils doivent être envisagés sous l'angle plus large de la stabilisation de l'intégrité territoriale et de la souveraineté nationale. De ces objectifs, il en découle plusieurs enjeux : économiques, territoriaux et fin des conflits dans les provinces de l'Est.

4.1 ENJEUX ÉCONOMIQUES

Il ne fait aucun doute que la réforme du secteur de la sécurité pourrait être difficile à supporter à court terme, mais à long terme, les risques causés par l'inaction seront bien plus grands que les efforts et les sacrifices à consentir. Un nouvel effondrement de la RDC dans la guerre aura un cout humain, politique et financier inimaginable. Ce coût sera ressenti par l'ensemble des partenaires extérieures de la RDC.

A cause de ses richesses scandaleuses et arrogantes, sources principales de ses malheurs, sans oublier l'inconscience et l'inconséquence qui caractérisent son élite, la République Démocratique du Congo a toujours été le champ des convoitises des grandes puissances du monde et cela depuis son accession à la souveraineté internationale. La République Démocratique du Congo détient la tristement célèbre réputation d'avoir fourni son uranium de shinkolobwe (du Katanga), pour lequel elle est la première productrice et dont la teneur est la plus élevée au monde. C'est cet uranium qui a servi pour la fabrication des bombes atomiques américaines qui furent larguées sur Hiroshima et Nagasaki les 06 et 09 Août 1945. La découverte de colombo tantalite (coltan) indispensable à la technologie moderne de l'informatique, de la téléphonie mobile, etc. fait valser les grands lobbies financiers du monde.

Ses terres arables et ses richesses minérales (uranium, or, platine, diamants, cuivre et cobalt, etc.) avaient permis que le franc congolais, soutenant le franc belge, pendant la première et la deuxième guerre mondiale soit le plus solide du monde. C'est dire combien, pour les besoins stratégiques de la République Démocratique du Congo la réforme du secteur de sécurité constitue un enjeu majeur et crucial pour le développement de la RDC.

La Chine a conclu un accord historique avec le gouvernement de la RDC en 2007, consistant à échanger un investissement de 6 milliards de dollars américains dans les infrastructures : construction de routes, des ponts, d'hôpitaux, d'universités, etc. contre un accès aux ressources minières sur plusieurs décennies. La stabilité interne et régionale sera cruciale pour la matérialisation de cet accord très combattu par les puissances occidentales.

Par ailleurs, le projet du Grand Inga, axé sur le développement des ressources hydroélectriques du fleuve Congo, élaboré conjointement par la RDC et l'Afrique du Sud, impliquant l'Escom, la compagnie d'électricité nationale sud-africaine, devrait permettre de répondre aux besoins énergétiques de l'Afrique du sud et la création des emplois pour notre pays. A ce sujet, un nouvel accord bilatéral a été signé en novembre 2011 [18]. Mais la paix et la sécurité en RDC et dans toute la région de l'Afrique centrale seront vitales pour la mise en œuvre et la prospérité de tous ces investissements.

En outre, l'Angola, principal partenaire sécuritaire régional de la RDC, considère le chaos en RDC comme une menace à sa sécurité nationale.

Les organisations régionales, et surtout l'Union Africaine et la Communauté de Développement de l'Afrique Australe (CADC), ont un intérêt pressant et légitime dans la prospérité et la stabilité de la région. La Banque Mondiale et le Fonds Monétaire International, considérés comme ayant le plus d'influence et disposant de l'accès facile à Kinshasa, se sont engagés à aider la RDC à réaliser une croissance économique durable. Mais sans une réforme du secteur de sécurité significative et responsable, tous ces efforts ne pourront engendrer que désillusion et perte de temps. Mais à ces enjeux économiques se superposent les enjeux territoriaux.

4.2 ENJEUX TERRITORIAUX

La rivalité ethnique entre tutsi et hutu d'une part, et la densité et l'exigüité du territoire rwandais d'autre part, sont des données fondamentales que tout responsable congolais devait connaitre et qu'il doit garder à l'esprit dans ses relations avec cet Etat des grands lacs car elles sont une donnée constante.

En effet, tous les chefs d'Etat rwandais qui se sont succédés au pouvoir, quelle que soit leur morphologie ethnique, Hutu comme Grégoire KAYIBANDA, Juvénal Habyarimana et Pasteur BIZIMUNGU, ou Tusti comme Paul KAGAME, les préoccupations sont et restent les mêmes.

Tous, sans exception, ont nourri l'intention d'étendre très loin à l'intérieur de la République Démocratique du Congo, dans la province du Kivu, les frontières du Rwanda. La différence entre eux, se situe seulement aux méthodes à emprunter et en fonction de la nature des relations que chacun d'eux pouvait entretenir avec le Chef de l'Etat en fonction en RDC.

Nous pouvons dire que tous lorgnent encore et avaient lorgné dans le passé, les grandes étendues de l'Est de la République Démocratique du Congo, pour trouver la solution à leurs difficultés territoriales.

Ne faudrait-il pas pour nous en convaincre, lire Honoré NGBANDA qui écrit : « à chaque sommet des Chefs d'Etats de la Communauté Economique des Pays de Grands Lacs (CEPGL), le Rwanda tenait à relancer un dossier qui lui semblait très

important, à savoir le projet de « convention de la libre circulation des personnes et des biens entre les pays membres de la CEPGL ». Le président Habyarimana évoquait inlassablement cette question au cours de chaque sommet » [19]. Circuler librement avec leurs biens sans contrôle d'identité et sans formalités douanières, tel était le droit qui serait octroyé aux citoyens membres de la CEPGL par le fait de la signature de cette convention. Concrètement, dès le lendemain de cette signature, il y aurait eu des millions de Burundais et de Rwandais sur le territoire congolais (zaïrois), avec bagages et bétails, pour s'y installer définitivement. Et pourtant, la République Démocratique du Congo a déjà connu dans le passé la guerre dans la province du Kivu suite aux réactions des autochtones contre cette catégorie d'étrangers. Ce qui veut dire que cette convention était inacceptable pour n'importe quel responsable de l'Etat congolais [20].

Présidant personnellement la réunion du comité central de son parti politique, le M.R.N.D, à Gisenyi, sa ville natale, le Président HABYARIMANA ayant compris que le président MOBUTU n'en voulait pas, et suite à la forte pression interne dont il faisait l'objet de la part de la population rwandaise, il décida alors de réagir à sa manière pour y répondre.

Le comité central du M.R.N.D. adopta à l'unanimité une résolution pour encourager les citoyens rwandais à immigrer à l'étranger (entendez au zaïre ou RDC) souligne Honoré NGBANDA, à la recherche des terres arables et des pâturages [21].

Comme nous venons de le voir, les velléités expansionnistes du Rwanda demeurent une donnée constante et présente à l'esprit de tous les dirigeants de ce pays. Il appartient à l'Etat congolais et à ses dirigeants de tout mettre en œuvre pour contrer ces velléités.

La réforme du secteur de la sécurité est non seulement cruciale pour faire face à ce défi, mais elle est également possible. Comparé à 2003 ou 2006, les conditions politiques et militaires en RDC sont désormais telles que des efforts renouvelés et coordonnés sur la RSS pourraient donner des résultats tangibles et durables.

La transition politique a été marquée par une forte concurrence politique entre les ennemis qui se sont combattus pendant la guerre mais, après la signature de l'Accord global et inclusif, ils se sont empêtrés dans une structure politique complexe, le Un plus Quatre (1+4), c'est-à-dire un Président de la République entouré de quatre Vice-présidents de la République. Après la transition un nouveau gouvernement issu d'élections a été mis à rude épreuve par une violence soutenue. Ces deux phénomènes ont exercé des contraintes sévères sur les chances de la réussite de la réforme.

Mais, ces contraintes sont aujourd'hui moins marquées. Les groupes armés congolais non étatiques apparaissent moindres en effectifs et en envergure. Les groupes armés étrangers sont relativement moins puissants maintenant que par le passé.

En effet, « de 2002 à 2012, l'ONU a rapatrié plus de 26.000 combattants étrangers et personnes à charge. La LRA a soumis des civils à des attaques effroyables en RDC, ainsi qu'en RCA et au sud-soudan, mais ces actes ne sont imputables qu'à quelques 300 combattants repartis dans des petits groupes sur une vaste zone. Les autres groupes importants sont l'ADF-NALU ougandaise, qui comptait 500 combattants, et le FNL burundais » [22].

Bien que ces groupes armés constituent une menace pour la population civile, aucune de ces deux catégories ne pose aujourd'hui la même menace à la paix et à la sécurité de la région, ni au gouvernement congolais qu'autrefois.

4.3 FIN DE CONFLITS DANS LES PROVINCES DE L'EST

Le premier et le plus important de ces défis consiste à mettre un terme à la violence cyclique dans l'Est de la République Démocratique du Congo où il existe une forte interpénétration des agendas étrangers et locaux d'une part, et des intérêts économiques et politiques d'autre part. Ces phénomènes se manifestent le plus clairement en ce qui concerne la « militarisation du commerce » dans l'Est du pays, où plusieurs forces et groupes armés opposés sont devenus directement acteurs dans les activités commerciales relatives à la protection, à l'extraction et au commerce des ressources minérales [23].

Exacerbée par l'irruption dans l'Est du Congo de plusieurs pays voisins cherchant à satisfaire leurs intérêts de sécurité nationale, cette dimension commerciale alimente, à son tour, la demande internationale en ressources naturelles lucratives du pays. Conséquence de l'interpénétration de ces intérêts et agendas, le conflit dans les provinces orientales a engendré une dynamique autonome dans laquelle une partie de l'appareil de sécurité congolais a été plongée et dont elle est devenue actrice à part entière. Cette situation soulève un paradoxe majeur pour la réforme du secteur de la sécurité, dans la mesure où les FARDC et leur haut commandement sont impliqués à la fois dans les actions qui sont la source et le moteur de la violence et dans les efforts pour y mettre fin.

Cette réalité peut être appréhendée à travers la théorie dite du « pot de miel » [24]. Cette théorie soutient que dans les pays où les institutions civiles sont faibles, l'absence de l'autorité de l'Etat, combinée à l'inexistence d'un système de contrôle hiérarchisé et efficace, il y a une prolifération exponentielle des activités informelles et illicites.

Les transactions économiques illicites génèrent des rentes importantes et l'existence de ces rentes a tendance à créer auprès des agents publics, dans le secteur coercitif, notamment dans la police, dans l'armée, dans la garde-frontière, la douane,... une politique essentiellement motivée par l'appât du gain [25]. C'est ainsi qu'il y a parfois résistance des forces de sécurité, en l'occurrence l'armée et la police, à la réforme. Les éléments de ces deux corps ont tendance à se détacher difficilement des structures traditionnelles par peur de perdre des privilèges dans la réforme, car le revenu salarial octroyé par l'administration centrale aux soldats, aux policiers et aux autres agents œuvrant dans les organes de coercition est en deçà du pouvoir d'achat. D'où, la prédation, la vente illicite d'armes, des stupéfiants, des minerais, l'extorsion,... constituent un moyen d'accumulation des richesses et des moyens de survie.

Les réformes structurelles profondes qu'implique la réforme du secteur de sécurité et qui sont particulièrement nécessaires en RDC, ne peuvent être menées tant qu'une certaine dose de changement orienté vers la gouvernance démocratique n'est pas mise en place et qu'un commandement et un contrôle plus efficaces ne sont exercés sur les unités de l'armée opérant dans l'Est et dans le reste de ce vaste pays. Or, ce type de réforme n'a pas semblé jusqu'à présent être une priorité du gouvernement congolais et des partenaires extérieurs dont les efforts se sont concentrés sur l'amélioration des capacités militaires pour accélérer la fin du conflit dans l'Est de la RDC.

4.4 RESTAURATION D'UN NIVEAU DE BASE EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ET DE MOYENS D'EXISTENCE

Le quatrième défi stratégique pour la réforme du secteur de sécurité consiste à restaurer un niveau de base en matière de sécurité et de moyens d'existence pour les populations affectées par les conflits dans l'Est du pays. Cela inclut non seulement les civils, mais aussi les différents groupes rivaux impliqués dans le conflit. Si les besoins élémentaires de ces derniers, et ceux de leurs familles ne sont pas satisfaits, la prédation brutale ciblant les civiles ne manquera pas de continuer ou de surgir une fois les conflits terminés.

En plus, un dilemme sérieux se présentera quand un terme sera mis à la violence qui touche l'Est de la RDC, que ce soit par des moyens politiques ou par des moyens militaires. Il restera en effet en place dans les provinces de l'Est, de nombreux militaires de FARDC avec un cadre logistique très faible pour les soutenir, des structures de commandement et de contrôle fragmentées et un pouvoir politique centralisé ne disposant que d'un contrôle limité sur la politique militaire menée dans la région. Il restera également plusieurs miliciens dont les FDLR, qui continueront de constituer une menace à la paix et à la sécurité pour les populations locales, aussi longtemps que le régime rwandais n'est pas disposé à dialoguer avec ces miliciens en vue de leur retour au Rwanda. A ce sujet, la responsabilité de la communauté internationale est attendue. En outre, sans programme de DDR de grande ampleur, cette menace ne pourra sans doute pas être neutralisée.

Il découle de cette situation plusieurs autres défis potentiels pour la RSS. Premièrement, les efforts menés pour désamorcer la menace posée par les groupes armés se sont, jusqu'à présent, concentrés soit sur la fusion de ces groupes avec les FARDC, soit sur leur réintégration dans leurs communautés. Le premier processus s'est heurté à plusieurs obstacles, dus au fait que les soldats intégrés n'ont pas été correctement payés, nourris ou logés, et qu'en conséquence, ils ont continué à se comporter en prédateurs vis-à-vis des populations locales [26].

L'expérience récente a aussi montré qu'il est difficile de rompre les liens entre les commandants et leurs anciennes troupes et de crée véritablement une nouvelle armée républicaine neutre.

Certes, l'intégration dans la police et dans l'armée des chefs de milices ainsi que d'une partie de leurs troupes était un élément de la négociation menée à Sun City pour le retour à la paix, qui n'a d'ailleurs été qu'un retour au calme. Mais ce processus d'intégration dans les forces de sécurité se fait sans aucune procédure efficace de sélection répondant à des critères spécifiques de moralité, d'antécédent fâcheux ni d'un minimum de niveau d'instruction. En d'autres termes, il n'est fait mention d'aucune conditionnalité relative aux violations des droits de l'homme ou aux antécédents judiciaires ou même aux crimes des guerres. C'est ainsi que l'on arrive à déplorer les exactions par les forces armées sur le théâtre des opérations ou dans des territoires déjà pacifiés.

En effet, cette déviation comportementale est un héritage historique des structures coercitives du passé, mais elle est également la conséquence d'une mauvaise politique de réintégration des milices dans les structures de sécurité.

La réinsertion dans la police et dans l'armée, qui séduit tant des miliciens est une réinsertion trompe l'œil dans la mesure où les structures qui sont censées les absorber sont elles-mêmes en ruine et ne fournissent pas à leurs agents un encadrement adéquat et un revenu décent.

Sur le plan institutionnel, c'est une aberration de songer construire un véritable secteur de sécurité digne de ce nom sur la base d'un simple programme DDR. C'est comme si l'on voudrait construire du neuf avec du vieux. Il est aussi paradoxal de

réinsérer des individus véreux et sans moralité dans des structures désorganisées, hétérogènes et hétéroclites en même temps, et qui sont elles-mêmes en cours de réforme.

De ce point de vue, le manque de cohérence est total entre le paradigme de la RSS que prône un appareil de sécurité de format moyen et flexible et les experts du PNUD responsables de DDR, qui privilégient l'accès aux forces de sécurité sans tenir compte de la faiblesse des moyens et de capacité de gestion du secteur de la sécurité.

L'intégration d'effectifs importants de miliciens dans l'armée ou dans la police, doublée de leur octroi des grades alléchants rendent la réforme du secteur de la sécurité encore plus délicate et compliquée. En gonflant les effectifs des organes de sécurité avec du personnel obsolète et irrécupérable, dont le programme de renforcement des capacités ne saurait provoquer une transformation réelle par l'inoculation des valeurs démocratiques, républicaines et humanitaires, à l'instar des Mai-Mai, « ces guerriers traditionalistes, aux croyances magico-fétichistes, alliés des FARDC issus du Congo profond et illettrés pour bon nombre, qui se livrent à des rituels d'invincibilité [27], l'appareil de sécurité congolais devient un fourre-tout et ne laisse nullement la chance à une véritable réforme de ses structures.

4.5 GARDE-FOUS DÉMOCRATIQUE

La sécurité est primordiale pour le bien-être de la population. Aussi faut-il impérativement que les opinions de cette même population se reflètent dans la politique de sécurité nationale où sont énoncés les valeurs fondamentales et les principes relatifs à la sécurité nationale que l'Etat entend promouvoir et protéger [28].

Sans pouvoir parlementaire capable de jouer pleinement son rôle législatif et de contrôle sur les actions de l'Exécutif, il n'y a pas de démocratie véritable, et sans contrôle parlementaire effectif et compétent de la politique de sécurité et des activités sécuritaires, pas de réforme véritable du secteur de la sécurité [29].

Au lendemain des premières élections démocratiques depuis l'indépendance, la RDC s'est dotée en 2006 d'un Parlement bicaméral constitué d'une Assemblée Nationale et d'un Sénat.

En ce qui concerne le contrôle démocratique par l'Assemblée nationale, les coalitions politiques ont façonné une majorité parlementaire en vue de la désignation d'un premier ministre et de la constitution du gouvernement. En effet, les enjeux majeurs de la réforme dans le secteur de la sécurité tiennent aux difficultés du parlement, et plus particulièrement de l'Assemblée nationale, à exercer un contrôle effectif sur ce secteur sans mettre en péril les intérêts des membres de l'exécutif qui sont de la même émanation politique que les membres de l'Assemblée nationale. Dans ce secteur, la majorité parlementaire s'est parfois prêtée à la protection des intérêts de l'exécutif contre les actions de contrôle amorcées par l'opposition politique. Cette attitude peut être due au fait qu'il n'existe pas encore de tradition de contrôle parlementaire dans le secteur de la sécurité. Celle-ci tente de se frayer son chemin face à des services sécuritaires enclins aux pratiques d'une gouvernance opaque. Sans oublier le réflexe de la longue expérience dictatoriale que le pays a connu sous la deuxième république et qui emprisonne encore aujourd'hui les mentalités des élites congolaises qui, oubliant les avancées démocratiques de nos sociétés, considèrent encore les décisions concernant l'armée, la police et les services de sécurité comme censées être du domaine réservé du Chef de l'Etat. Néanmoins, le rôle des parlementaires dans la définition du cadre légal et du vote du budget de services du secteur de la sécurité s'est accru au cours de ces dernières années.

En ce qui concerne la société civile, cette dernière a été longtemps tenue à l'écart de la gouvernance du secteur de sécurité, lequel était hermétiquement fermé. La société civile ne commence à s'impliquer dans la surveillance de l'action de l'exécutif qu'au lendemain de l'ouverture démocratique des années 1990, avec la création de quelques associations de défense des droits de l'homme. Mais ces associations sont souvent taxées d'être à la solde de l'opposition et des intérêts occidentaux hostiles au pouvoir.

Très récemment, le rôle de la société civile dans la gouvernance démocratique, et plus particulièrement sa participation à la formulation des politiques de réforme et son implication dans la redevabilité, s'est renforcé progressivement. Cependant, la société civile doit encore fournir des gros efforts pour être considérée comme un véritable partenaire de la réforme dans le secteur de sécurité.

Un premier pas a été franchi lorsque le gouvernement a accepté d'associer la société civile aux discussions relatives à la loi portant l'organisation et le fonctionnement de la police, ainsi que d'intégrer ses experts dans le comité de suivi de la réforme de la police. La société civile a été également associée aux travaux de la Commission défense et sécurité de l'Assemblée Nationale, pour examiner le projet de loi organique portant organisation et fonctionnement des FARDC, le projet de loi sur le Conseil supérieur de la défense ainsi que le projet de loi sur la défense. Ces opportunités doivent être capitalisées pour une prise en compte des attentes de la population sur les politiques de sécurité que l'Etat congolais entend mettre en place.

4.6 EXIGENCES DE LA REFORME

L'une des premières exigences de la réforme du secteur de la sécurité est celle de l'ouverture, des échanges d'informations entre les services de sécurité et le reste de la nation, en vue de la création de nouveaux espaces des échanges et débats démocratiques, de dialogue franc et direct et de convivialité. La seconde exigence est la constitution d'une large coalition, un vaste réseau au sein de la société civile en faveur de cet ambitieux projet de réforme. Une troisième est l'adhésion sans réserve, et l'implication de la classe politique, du secteur privé et des partenaires techniques et financiers dans la réforme.

La République Démocratique du Congo gagnerait ainsi le pari de la sécurité par la mise en place d'un « pacte de solidarité » entre les services de sécurité, les pouvoirs publics, le secteur privé, la société civile ainsi que les partenaires au développement. En effet, la sécurité doit être comprise comme un bien public qui garantit la protection des personnes et de leurs biens et doit stimuler les investissements et favoriser le développement [30].

Le secteur de sécurité entamerait ainsi son intégration dans le cadre d'un processus démocratique, global, et bénéficierait, au même titre que la santé ou l'éducation, d'une participation active des populations et des bailleurs de fonds.

D'un point de vue conceptuel, la gouvernance de la sécurité en République Démocratique du Congo impose la conception d'une nouvelle vision de problèmes de sécurité, une gestion participative du secteur de la sécurité, la promotion de la sécurité humaine et un renforcement du lien entre sécurité, développement et démocratie.

Il est nécessaire également, pour matérialiser cette nouvelle vision, d'élaborer un programme global et intégral de développement de la sécurité, à long terme, qui reposerait sur une stratégie de mise en œuvre impliquant l'ensemble des couches sociales et un plan d'action opérationnel et des perspectives stratégiques.

Enfin, il faudra, nécessairement pour une telle approche, établir un lien étroit entre la nouvelle gouvernance de la sécurité et le cadre stratégique sous-régional des Etats, en vue de pouvoir bénéficier des retombées des actions solidaires et complémentaires en matière de sécurité collective de la sous-région.

5 CONCLUSION

La République Démocratique du Congo, en termes d'étendue territoriale, représente le treizième du continent Africain. Peuplé de 62.636.000 d'habitants répartis dans 250 groupes ethniques, sur une superficie de 2.345.409 kilomètres carrés. Ses frontières terrestres s'étendent sur 10.252 kilomètres, dont 2.469 avec la République populaire d'Angola, 2.140 avec la Zambie, 1.577 avec la République Centrafricaine, 1.544 avec la République du Congo, 817 avec l'Ouganda, 787avec le Soudan, 498 avec la Tanzanie, 213 avec le Rwanda, 205 avec le Burundi et 42 de Littoral Atlantique. Cependant, ce sous-continent est constamment en proie de menace. Ce qui nous a poussé à réfléchir autour de la réforme du secteur de la sécurité en République Démocratique du Congo.

Dans cette étude, nous appréhendons la sécurité comme un bien public auquel tout le monde a droit, et de ce fait, aucune entité ne peut s'octroyer le monopole et de sa gestion et de son contrôle. De ce fait, il a fallu sa réforme en République Démocratique du Congo.

De ce fait, les contraintes de plusieurs ordres se sont illustrées, à savoir : le programme incomplet et le manque d'une vision globale, l'absence d'un contrôle démocratique, l'absence d'une coordination ou de coopération entre d'une part, les différents ministères entre eux, entre le gouvernement et le parlement et entre le gouvernement, le parlement et la société civile d'autre part ; le programme de la réforme du secteur de sécurité en République Démocratique du Congo est également caractérisé par l'absence d'une coordination ou d'une coopération entre d'une part, les différents ministères entre eux, entre le gouvernement et le parlement et entre le gouvernement, le parlement et la société civile d'autre part. Aussi, selon la constitution, la justice militaire doit faire l'objet d'une réorganisation qui va la rapprocher de la magistrature civile.

A ces contraintes, le contexte de la réforme s'est bien montrée. En effet, le gouvernement congolais n'a pas fait preuve de la volonté nécessaire pour mener à bien les réformes du secteur de la sécurité, notamment dans le domaine militaire. En outre, les attitudes de la communauté internationale se sont caractérisées par l'incohérence politique, au travers des interventions inadéquates, incompatibles et inefficaces s'appuyant sur des priorités et des impératifs nationaux à court terme au lieu de chercher à réaliser une réforme significative et durable.

Eu égard à ce qui précède, les défis pour la réforme du secteur de sécurité en RDC sont multiples. Désormais, ils doivent être envisagés sous l'angle plus large de la stabilisation de l'intégrité territoriale et de la souveraineté nationale. De ces objectifs, il en découle plusieurs enjeux : économiques, territoriaux et fin des conflits dans les provinces de l'Est.

REFERENCES

[1] International Crisis Group, « Congo : une stratégie globale pour désarmer les FDLR », Rapport Afrique, n° 151, p. 4.
[2] MELMOT, S., « Candide au Congo : Echec annoncé de la réforme du secteur de sécurité », in Focus stratégique, n° 9, IFRI, 2011, p.2.
[3] EBENGA, J. et N'LANDU, Th., *The congolese national army :in search of identity, in evolution and revolution : A contemporary history of militaries in southern Africa*, Institute for security studies, Pretoria, 2005, pp.63-81.
[4] International Crises Group, op. cit, p.3.
[5] BOUBACAR NDIAYE, « Du rôle du pouvoir parlementaire dans la réforme du système de sécurité en Afrique », in *Acte de la conférence sur l'expérience de la Réforme du secteur de la sécurité en Afrique*, African Security sector Network, Kinshasa, juin 2009, p.6.
[6] LANOTTE, O., *République Démocratique du Congo, guerre sans frontières : De Joseph – Désiré Mobutu à Joseph Kabila*, Ed. GRIP-COMPLEXE, Bruxelles, 2003, p.105.
[7] Décret n° 024/2002, repris dans le Journal le Palmarès, le 25 Février 2002.
[8] Crises Group., Katanga : la crise oubliée de la RDC, Rapport Afrique n°103, du 09 Janvier 2006 .
[9] BWANGO, T.R., La construction d'un système de sécurité nationale dans un Etat post conflit. Cas de la République Démocratique du Congo, Mémoire de licence en SPA, FSSAP, 2010-2011.
[10] BWANGO, T.R., La construction d'un système de sécurité nationale dans un Etat post conflit. Cas de la République Démocratique du Congo, Mémoire de licence en SPA, FSSAP, 2010-2011.
[11] www.consilium.europe.eu/eudocs/cmsUpload/081204EUPOL, CSRP. Pdf. Consulté par nous le 11 juin 2012.
[12] République Démocratique du Congo. Prendre position sur la réforme du secteur de la sécurité. Rapport des organisations de défense des Droits de l'Homme, 2012, p.20
[13] THAKUR MONIKA, « Demilitarizing in Kivu » in Institute for security studies, African security review, n°17, 2008, pp 52-67
[14] La sécurité humaine et l'Etat de droit», in politique européenne de la sécurité et de défense, (PESD), disponible en ligne sur http://www.ue-pesd.ue
[15] ELISCO JOHAN, Les enjeux de la RSS dans les Etats défaillants, éd. Du moulin, Paris, 2010, p.331
[16] BWANGO TETE, op-cit, p.71
[17] MC CAFFERY et JONES, J., « Du rebulding state à l'enlisement », in *Cahier du réseau multidisciplinaire d'études stratégiques*, n°2, décembre, 2006, pp.1-17.
[18] http://www.info.gov.za/speech/dynamicaction?pageid=461&sid disponible en ligne, consulté par nous en décembre 2011.
[19] N'GBANDA NZAMBO, H., *Crimes organisés en Afrique centrale. Révélation sur les réseaux rwandais et occidentaux*, Ed. Duboiris, Paris, 2004, pp.77-81.
[20] N'GBANDA NZAMBO, H., *Crimes organisés en Afrique centrale. Révélation sur les réseaux rwandais et occidentaux*, Ed. Duboiris, Paris, 2004, p.82.
[21] N'GBANDA NZAMBO, H., *op.cit*., p.83.
[22] Prendre position sur la réforme du secteur de la sécurité, op. cit. p.21, disponible en ligne sur le site www.daretoknow.co.uk consulté par nous le 09 septembre 2012.
[23] DYLAN, H. et KASONGO, M., « La réforme du secteur de la sécurité en République Démocratique du Congo : Enjeux stratégiques », in *Center of international cooperation*, n°4, 2012, p.5.
[24] BWANGO TETE, R. op.cit, p.65.
[25] DI JONATHAN, « Conceptualisation des causes et des conséquences des Etats défaillants : analyse critique de la documentation », in *Crisis states research center*, workingpapers services, n°2, janvier 2008.
[26] DYLAN, H. et KASSONGO, M., *op.cit*, p.7.
[27] VLASSENROOT, K. et VONKER, F., « Le Mai-Mai et les fonctions de la violence milicienne dans l'Est du Congo », in *Politique africaine*, n°44, décembre 2001, pp.103-116.
[28] Union parlementaire et centre pour la contrôle démocratique des forces armées, contrôle parlementaire du secteur de la sécurité : mécanismes et pratique, Genève kiev, 2004, p.1.
[29] BOUBACAR NDIAYE, op.cit, p.5.
[30] MVIE MEKA, E., *op.cit*, p.126.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 883-887
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modèle de construction d'habitats en terre : Cas d'adobe manuel en Afrique au sud du Sahara

[Land habitat construction model : Adobe manual case in Africa, South of the Sahara]

Bozabe Renonet Karka[1] and Taïpabe Djoui[2]

[1]Département du Génie Civil, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Tchad

[2]Département des Bâtiments, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Tchad

Copyright © 2019 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: Pathological analysis of adobe (banco) constructed habitats in the city of N'Djamena in Chad shows that the most frequent defects observed are, among others, the abundant appearance of cracks, the erosion of external walls, water infiltration and subsidence. At different stages of identification for the choice of material (earth), brick production and its implementation, this work proposes simple and practical solutions to avoid the above mentioned defects resulting from traditional techniques. Thus, geotechnical tests are proposed to identify the right soil, rice bales must replace the straw for earth treatment and finally a foundation system (insulated sole - primer post - underbody wall - sill) of reinforced concrete must be constructed to ensure the stability of the structure.

KEYWORDS: adobe, brick, habitats, fissure, erosion, subsidence, treatment.

RESUME: L'analyse pathologique d'habitats construits en adobe (banco) recensés dans la ville de N'Djamena au Tchad montre que les défauts les plus fréquents observés sont entre autres, l'apparition abondante des fissures, l'érosion des parois externes, l'infiltration d'eau et l'affaissement. A différentes phases de l'identification pour le choix du matériau (terre), de la production des briques et de sa mise en œuvre, le présent travail propose des solutions simples et pratiques pour éviter les défauts précités issus des techniques traditionnelles. Ainsi, les essais géotechniques sont proposés pour identifier le bon sol, les balles de riz doivent remplacer la paille pour le traitement de la terre et enfin, un système de fondation (semelle isolée - poteau d'amorce - mur de soubassement - longrine) en béton armé doit être réalisé pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

MOTS-CLEFS: adobe, brique, habitat, fissure, érosion, affaissement, traitement.

1 INTRODUCTION

L'inaccessibilité à l'habitat décent constitue un problème majeur des peuples de l'Afrique au sud du Sahara. En effet, être propriétaire d'une maison convenable est un luxe dont seule une petite partie de ces populations en bénéficie. D'innombrables raisons sont évoquées parmi lesquelles le faible pouvoir d'achat dû à la pauvreté et la non subvention par les états des matériaux de constructions importés pour but commercial. Les constructeurs font recours tant bien que mal aux matériaux locaux d'accès immédiat et relativement simple à mettre en œuvre dont la terre, la paille, etc.. Crue ou cuite, moulée ou empilée, la terre est une matière première par excellence qui offre de multiples potentialités dans le domaine de la construction et surtout de l'écoconception. Par ignorance totale des normes de constructions en terre, les bâtisseurs utilisent jusqu'alors des techniques ancestrales basées sur le traitement de ce matériau complexe avec diverses résines naturelles d'origine végétale ou animale pour remédier aux éventuels désordres liés à ses caractéristiques thermomécaniques et comportementales. La terre traitée prend alors le nom d'adobe. Les *adobes*, également appelés *banco* en Afrique, sont « des briques de terre crue, façonnées à la main ou moulées à l'état plastique, puis séchées à l'air libre » [1-3]. Le modèle de construction en adobe manuel exposé dans la présente étude à pour objet l'éradication d'innombrables défauts des techniques traditionnelles. Ce modèle est basé sur l'une des douze techniques de construction en terre défini par H. Guillaud et H. Houben

(1995) [4-5]. Il énonce des techniques appropriées d'identification du matériau terre, de la production d'adobes et de sa mise en œuvre.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 BREF APERÇU SUR LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTIONS EN TERRE

Il existe plusieurs techniques de construction en terre (voir figure1) [6].

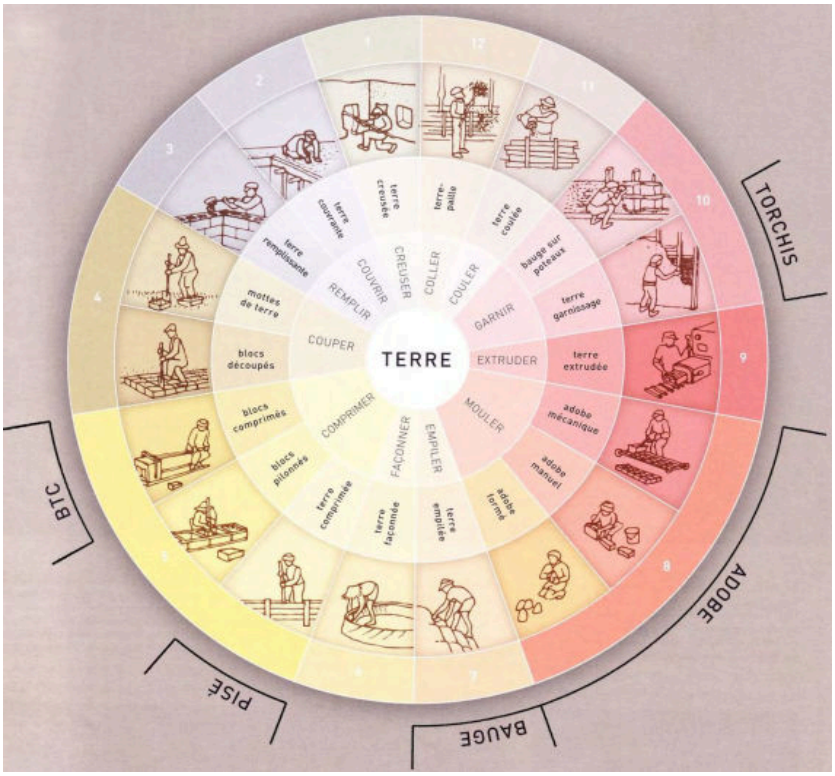


Fig. 1. "Roue" des techniques de construction en terre (Source : Anger & Fontaine, 2009 : p. 26)

2.2 ANALYSE DU MODÈLE TRADITIONNEL DE BÂTIMENT EN ADOBE MANUEL



Fig. 2. Photo d'un modèle traditionnel d'une maison en étage

- **Identification et choix du matériau:** La terre utilisée pour fabriquer les briques est supposée de type Kaolinite. Son identification se fait par simples observations et touchés dans des bennes sur le lieu de vente. Il est donc difficile d'identifier les impuretés (présence des matières autres que la terre) et de juger de sa qualité.
- **Production des briques :** Elle se fait en plusieurs phases :
  - Traitement du matériau : la terre est traitée avec de la paille appelé encore le foin qui est une résine végétale dosée à 30% du produit fini (10 à 20 kg/m^3) ;
  - Fabrication des briques : de dimensions 40 cm x 25 cm x 15 cm, elles sont produites sur une surface peu régulière ; ce qui déforme très souvent la brique ;
  - Séchage : il se passe à l'air libre, mais le séchage n'est pas contrôlé ce qui peut entrainer l'apparition des fissures sur les briques au retrait ;
  - Stockage : cette phase est délicate du fait que lorsque la manutention des briques n'est pas adéquate, on se retrouve avec de nombreuses briques en casses. D'où une perte considérable de celles-ci.
- **Construction :**
  - Fondation : elle ne comporte aucune structure de support (une semelle par exemple) pour assurer la transmission des charges de l'ouvrage au sol d'assise. En outre, l'ouvrage est très souvent mal drainé ; ce qui cause l'infiltration d'eaux pluviales occasionnant des dégâts considérables tel que l'affaissement de la construction ;
  - Elévation : la disposition des briques est faite de manière à ce que la dimension la plus grande soit parallèle au mur (disposition en ***panneresse***) et les joints sont pleins et affleurés ;
  - Finition : le crépissage extérieur en terre seule ne suffit pas, puisqu'il n'assure pas l'étanchéité du bâtiment ; les parois sont exposées à l'agression des eaux par l'infiltration et l'érosion des briques au fil du temps.

2.3 NOUVEAU MODÈLE D'UN BÂTIMENT EN ADOBE MANUEL

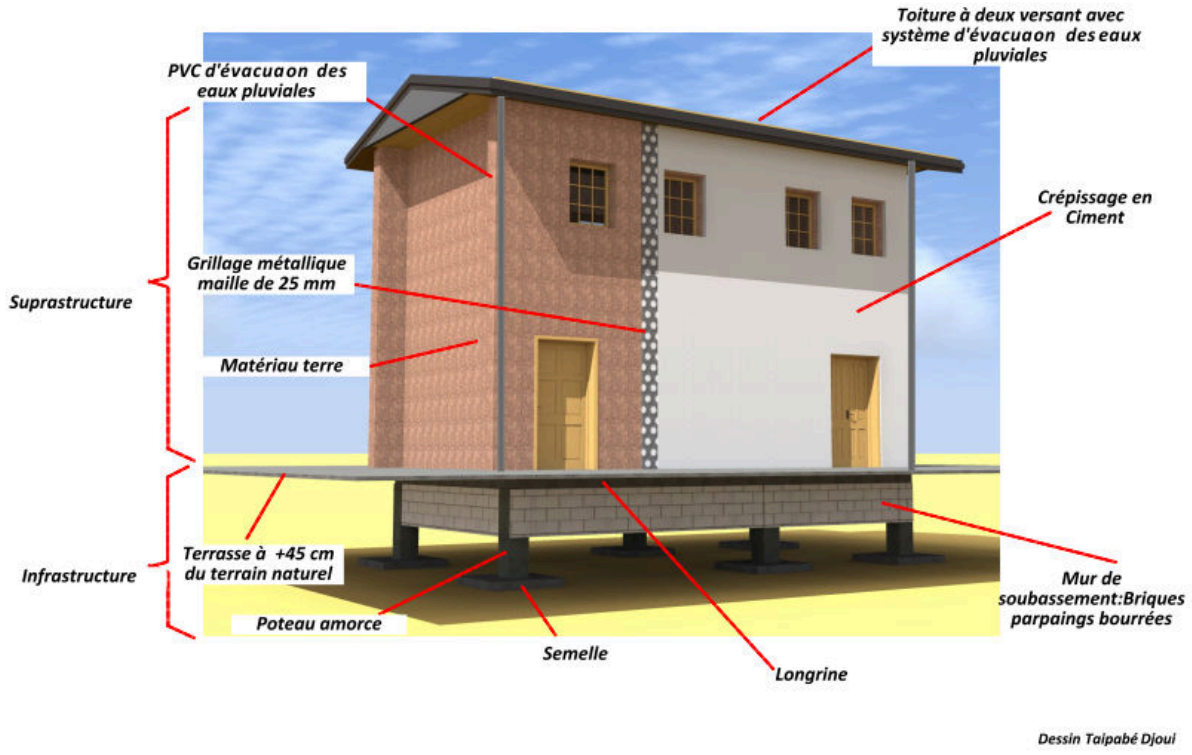


Fig. 3. Image d'un nouveau modèle d'une maison en étage

- **Identification et choix du matériau:** La terre est de type Kaolinite. Son identification se fera sur le site d'extraction avec un équipement approprié (analyse granulométrique, essais de limites d'Atterberg, essais Proctor ; etc.) ; ce qui permettra de faire un bon choix et de proposer un traitement adéquat en cas de défaillance [7-9]. Un contrôle minutieux par tamisage par exemple permettra d'éliminer les imperfections et quelques impuretés.

- **Production des briques :**
  - Traitement du matériau : il faut noter que le traitement est recommandé lorsqu'on constate une défaillance de la qualité de la terre choisie (cas de la présence de l'argile gonflante appelée montmorillonite). Nous proposons ici, le son ou balles de riz par rapport à la paille car mouillé, le son de riz (facile à manier pendant le malaxage) réduit considérablement le retrait de la terre pendant sa dessiccation. Ce qui entraine la réduction d'apparition des fissures dans les briques.
  - Fabrication des briques : Pour éviter toute déformation des briques, les dimensions de 35 cm x 25 cm x 15 cm produites sur une surface plate et régulière semblent convenables [10];
  - Séchage : Pour assurer un séchage optimal et contrôlé, une fine de paille est éparpillée sur la surface supérieure des briques. On laisse sécher les briques pour une durée d'au moins une semaine à une température ambiante d'environ 40° C ;
  - Stockage : il faut prévoir une étagère métallique de stockage afin d'éviter toute cassure des briques.
- **Construction**
  - Fondation : elle est en semelle isolé (110 cm x 110 cm x 30 cm) avec un poteau en béton armé de section 25 cm x 25 cm. Le mur de soubassement est en briques parpaings bourrées et une longrine de section 25 cm x 30 cm. En plus de ces solutions pour garantir la stabilité du bâtiment, un système d'évacuation des eaux pluviales est prévu afin de réduire les risques liés au problème d'infiltration d'eau de ruissèlement au bas du mur. Le pourtour de la fondation doit être drainé vers l'extérieur afin d'éviter le problème d'affaissement pendant les périodes de crues.
  - Elévation : les briques sont disposée en de manière à ce que la plus grande dimension soit perpendiculaire au mur ; le joint est de type concave afin de permettre une bonne adhérence des grilles métalliques posées pour le crépissage. L'épaisseur de ce joint est de 2 à 3 cm [11].
  - Finition : l'enduit intérieur et extérieur est fait en ciment (dosé à 250 kg/m^3) avec un sable gros grain de rivière posé sur un fond de grillage métallique de maille 25 mm, ce qui permettra de retenir le mortier de ciment lors de la giclée mais aussi lors d'éventuel gonflement ou du retrait de la terre. Pour ne pas entrainer les bombements des parois, le crépissage ne doit pas être très étanche. Après lissage, une couche de peinture à eau est recommandée.

3 RESULTATS ET DISCUTIONS

L'étude menée sur le modèle traditionnel et le nouveau modèle a pour but de dégager les avantages et les inconvenants dans l'un comme dans l'autre cas de figure.

3.1 NOUVEAU MODÈLE

QUALITÉS OU AVANTAGES

Choix du matériau (Identification) : il permet de repérer depuis le site d'extraction de la terre les imperfections du matériau afin de prévoir le type de traitement à mettre en œuvre.

Production des briques : elle est contrôlée et optimisée depuis le traitement jusqu'au stockage des briques

Construction : la structure de base (fondation) est renforcée afin de permettre une bonne stabilité de la maison ; les parois des murs sont traitées de façon à remédier aux multiples problèmes d'étanchéité dans la construction (par érosion et par infiltration d'eau). La fixation de grille métallique de maille 25 mm permet d'éviter le bombement du crépissage ; l'installation de système d'évacuation des eaux pluviales limite les agressions des eaux sur les parois et lors des ruissellements.

DÉFAUTS OU INCONVENANTS

Choix du matériau (Identification) : le choix sur le site d'extraction est très coûteux

Production des briques : le contrôle de la production est coûteux et prend plus de temps, l'indisponibilité d'espace plat et régulier pour la fabrication et le séchage des briques.

Construction : la phase de construction nécessite la présence d'au moins d'un technicien en bâtiment, la fondation est très couteuse et son exécution prend assez du temps ; il existe de risque de bombement des parois si la réalisation n'est pas correcte, la technique de pose de briques pour l'élévation est peu utilisée par les maçons.

3.2 MODÈLE TRADITIONNEL

QUALITÉS OU AVANTAGES

Choix du matériau (Identification) : le choix sur le local d'achat fait que le coût est moins cher ;

Production des briques : rapidité dans la fabrication ;

Construction : les étapes de construction prennent peu de temps et nécessite peu de qualification.

DÉFAUTS OU INCONVENANTS

Choix du matériau (Identification) : aucune possibilité de juger de la qualité de du matériau ;

Production des briques : si le choix de matériau n'est pas bien faite, le traitement nécessite est très onéreux ; les briques se fissurent très rapidement lors du séchage et au stockage. La perte de briques est considérable.

Construction : La fondation en adobe n'assure pas la stabilité de l'habitat. Pendant la saison de pluie, les tassements ou l'affaissement et l'effondrement sont fréquent; Les parois résistent très mal aux intempéries, leur entretien régulier est onéreux.

4 CONCLUSION

La cherté et l'indisponibilité des matériaux de construction amènent les populations à recourir à la terre qui est un matériau local toujours disponible, peu coûteux et qui présente de multiples potentialités. L'analyse pathologique des maisons construites en terre par des techniques traditionnelles a permis de dégager les défauts majeurs et un nouveau modèle est proposé. Il en ressort que cette technique traditionnelle comme la nouvelle technique présente des avantages et des inconvénients : la technique traditionnelle semble moins onéreuse mais elle nécessite des entretiens permanents tandis que la nouvelle technique fait usage des matériaux autre que la terre (fondation et crépissage). En outre, elle fait appel à un technicien qualifié. Toutefois, par rapport à la stabilité et à la pérennité de l'habitat, le nouveau modèle apporte un grand nombre des solutions pratiques et efficaces qui révolutionnent et innovent les constructions en terre. De ce constat, la terre en temps que matériau local de construction est validé.

REFERENCES

[1] Anger, R. , *Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction,* Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2011.

[2] Anger, R., & Fontaine, L., *Grains de bâtisseurs. La matière en grains, de la géologie à l'architecture.* Villefontaine, CRATerre Edition, 2005.

[3] Anger, R., & Fontaine, L., *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*. Paris, Belin / Cité des sciences et de l'industrie, 2009.

[4] Guillaud, H., & Houben, H., *Traité de construction en terre* (2ème édition). Marseille, Editions Parenthèses, 1995.

[5] Guillaud, H., Joffroy, T., Odul, P., & CRATerre-EAG. *Blocs de terre comprimée*. Volume II. Manuel de conception et de construction. Eschborn, GTZ, 1995.

[6] Jehanne PAULUS, Mémoire *Construction En Terre Crue: dispositions qualitatives, constructives et architecturales – application à un cas pratique : Ouagadougou*. Université de Liège – Faculté des Sciences Appliquées, 2015.

[7] Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F., *Construire en terre*. Paris, Editions Parenthèses, 1979.

[8] KUR F., *L'habitat écologique : quels matériaux choisir*, Ed. Terre Vivante, novembre 2000.

[9] PIGNAL Bruno. *Terre crue, technique de construction et restauration*, Eyrolles 2005

[10] ROHLEN Ulrich, ZIEGERT Christof. *Construire en Terre crue*, Le Moniteur 2013.

[11] Michel Bonnette, Odile Roy. *Guide technique, Maçonnerie de briques*. Ville Québec Service de l'urbanisme en collaboration avec le Service des communications 1989.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 888-914
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

استراتيجية الاعلان الناجح

[Successful Advertising Strategy]

عرفة عثمان مصطفى عبد الله

استاذ مساعد - قسم ادارة الخدمات الصحية والمستشفيات - جامعة جدة - كلية الاعمال - بخليص - جدة - المملكة العربية السعودية

Arafa Othman Mustafa Abdallah

Assistant Professor, University of Jeddah, College of Business at Khulis, Department of Health Services and Hospital Management, Jeddah, Saudi Arabia

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study is to identify how to achieve successful and effective advertising strategies by recognizing and studying the factors that affect the behavior of the consumer in order to design successful and effective advertising strategies. The study also aims at clarifying the aspects which the marketing management directrate should take care of to acieve these aims. The study adopted the descriptive analytical method.

The study has come up with many results. The most important ones are the following:

1. The technological progress in information contributes to providing many opportunities to business organization because it offers new products and creates new markets.
2. The marketing opportunities can be through the excellence in all the components of the marketing mix (product, promotion, pricing).
3. Good knowledge about the consumer's behavioral characteristics contributes to putting forward marketing and promotional strategies through which the business organizations can achieve huge competitive advantages.

KEYWORDS: promotion Mix ,The golden circle of advertising, AIDA Model, Consumer, Consumer Behavior.

ملخص: يهدف هذا البحث الى التعرف على كيفية التوصل الى استراتيجيات اعلانية ناجحة وفعالة من خلال معرفة العوامل المؤثرة على سلوك المستهلك ودراستها جيدا لتصميم استرايجيات اعلانية ناجحة وفعالة . اضافة الي ذلك يهدف البحث الي توضيح الجوانب التي يجب على ادارة التسويق الاهتمام بها حتي تصل الى ذلك.
وقد استخدمت المنهج الوصفي التحليلي لاجراء هذه الدراسة
ولقد خرجت هذه الدراسة بعدة نتائج أهمها :

1- يسهم التقدم التكنولوجي في مجال المعلومات في إتاحة العديد من الفرص أمام منظمات الأعمال، حيث يساعد في تقديم منتجات جديدة واختراق أسواق جديدة .
2- إن الفرص التسويقية يمكن أن تكون من خلال التميز في جميع عناصر المزيج التسويقي المختلفة (المنتج، الترويج، التسعير، التوزيع) .
3 - إن المعرفة الجيدة بالخصائص السلوكية للمستهلك تسهم في وضع إستراتيجيات تسويقية وترويجية تحقق من خلالها منظمات الأعمال مزايا تنافسية هائلة.

كلمات دلالية: المزيج الترويجي، الدائرة الذهبية للاعلان، نموذج (AIDA)، المستهلك، سلوك المستهلك.

مقدمة

الاعلان الناجح هو الذي يستطيع احداث الاستجابة المطلوبة لدي المستهلك بجعله يقبل على اتخاذ قرار الشراء ، كذلك فان الإعلان المثمر يتطلب القيام بالعديد من الأبحاث الهادفة والمتعلقة بدراسة سلوك المستهلك والتعرف على المتغيرات التي تؤثر على هذا السلوك، وذلك حتى يمكن تصميم اعلان ياخذ في اعتباراته الخصائص المميزة لهذا المستهلك . حيث نجد من ان الاستراتيجيات الناجحة والفعالة في مجال الاعلان هي التي تصمم بناءا على فهم الاسباب التي تكمن وراء هذا السلوك وذلك من اجل بناء و تصميم حملات واستراتيجيات اعلانية ناجحة للتاثير على هذا السلوك.

مشكـلة البحـث

في ظل العولمة وثورة الاتصالات اصبح هنالك الكثير من الاعلانات والتي صممت بصورة لا تتناسب مع المتغيرات السلوكية للمستهلك ولكنه بالرغم من ذلك فاننا نلحظ استجابة ملحوظة من قبل هذا المستهلك لهذه الاعلانات تترجم في شكل اقبال متزايد على عمليات الشراء والتي كان للاعلان دور كبير وراءها. وهنا تكمن مشكلة هذه الدراسة والتي يمكن صياغتها في السؤال التالي

كيف يمكن صياغة استراتيجية ناجحة وفعالة للاعلان بحيث تؤثر على سلوك المستهلك وتتوافق مع متغيراته السلوكية؟

أهمـية الدراسة

تنبع أهمـية هذه الدراسة من الاعتبـارات التـاليـة:

قلة الدراسات في هذا الموضوع إسهـام هذه الدر اسة في توفير اطار نظري للباحثين في مجال الاعلان ومحاولة وضع او استنباط نموذج للاعلان الناجح أهـداف الدراسة : من خلال هذه الدراسة سنتوصل الى تحقيـق الأهداف التالـية: 1- التعرف على تاثير الاعلان على سلوك المستهلك . 2- توضيح الدورالذي يمكن ان تلعبه الاعلانات كمـصدر هام و مفيد للمعـلومات عن السـلع.. 3- الخروج باطار نظري يصلح لوضع استراتيجيات وتصميم اعلانات ناجحة وفعالة .

منهجـية الدراسة

تم استخدام المنهج الوصفي والتحليلي الاحصائي حيث تم استخدام استبانة تحتوي على مجموعة من الاسئلة للقيام بهذه الدراسة

الاطار النظـري: سيقوم الباحث في هذه الدراسـة بدراسة الإطـار النظـري المتعلـق بمـوضوع البحـث والمفـاهيم المتعلـقة بهذه الدراسـة وذلك من خـلال ما كـتب عن الإعلان وكيفية تاثيره عن سلوك المستهلك.

حدود البحث المكانية

قامت الباحثة باستخدام شركة الكوكاكولا للمشروبات الغازية كدراسة حالة وذلك لان هذه الشركة تعتبر الرائدة في مجال المشروبات الغازية بالسودان

الحدود الزمنية

الفترة من (1995. ـــــ 2014م)

الدراسات السابقة

قامت الباحثة بمراجعة الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الدراسه أوالبحث وذلك بهدف التعرف على أهم النتائج التي خرجت بها تلك الدراسات والبحوث، وفيما يلي استعراض لبعض هذه الدراسات.

أولا: الدراسـات العربية:

(1) دراسة د/ سعيد حسن العجب حسب الكريم: [1]

وهي بعنوان "دائرة الاعلان في قرارت الشراء وتفضيلات المستهلك" دراسة علي شركة المياة الغازية بالخرطوم ولقد هدفت هذه الدراسة إلى كيفية التعرف على الاعلان في شركات المياة الغازية بولاية الخرطوم ، والتعرف علي معوقات الاعلان بها ووسائل المعالجة ، وقد تمت صياغة فرضية للاختبار وهي وجود علاقة ذات دلاله إحصائية بين متغيرات الاعلان التلفزيوني "وقت عرض الاعلان ، تكرار الاعلان ، الفترة الزمنية للإعلان" وقرارت الشراء وتفضيلات المستهلكين. تم اعتماد هذه الدراسة علي المنهج الاستنباطي والوصفي التحليلي ومنهج دراسة الحالة وتوصلت الدراسة الي مجموعة من النتائج أهمها:

أن الأعلان التلفزيوني بلغة سهلة وواضحة يؤثر إجاباً في قرار المستهلك الشرائى ، وتفضيلة للمنتجات المعلن عنها ، كما ان طول الفترة الزمنية للأعلان التلفزيوني ينتج عنه زيادة فهم واستيعاب الجمهور للأعلان .

وخلصت الدراسة الي العديد من التوصيات اهمها:

الابداع في محال الاعلان والاتيان بما هو جديد حتي يمكن تجنب المحاكاة ومنع حدوث لبس للمستهلكين بالاضافة الي الاستمرار في الاعلان ، وذلك لمايدره من عائدات مادية دون النظر للتكاليف .

(2) دراسة احمد موسي سعيد محمد (2005)[2]:

وهي بعنوان "أثر التسويق علي إدارة الشركات المنتجة والمسوقة للمشروبات الغازية بولاية الخرطوم" وقد هدفت هذه الدراسة الي تحديد اهم المشكلات التسويقية التي تواجة صناعة المشروبات الغازية في السودان نتيجة لعدم الإهتمام ببحوث التسويق وتوضيح الدور الذي يقوم بة أبحاث التسويق في تحسين الوضع التسويقي لهذه

[1] سعيد حامد العجب حسب الكريم ، اثر الاعلان في قرارات الشراء وتفضيلات المستهلكين ، مجلة جامعة شندي ، العدد العاشر ، يناير 2012م ، ص49 .
[2] احمد موسي سعيد محمد ، أثر التسويق علي إدارة الشركات المنتجة والمسوقة للمشروبات الغازية بولاية الخرطوم ، دكتوراة جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا ، 2005م .

الشركات ، كما هدفت هذه الدراسة الي تقييم المهارات البيعية لرجال البيع للشركات العاملة في أنتاج وتسويق المشروبات الغازية بإعتبارها الشريحة المناط بها لتحقيق الاهداف التسويقية لهذه الشركات ، وايضاً من أهداف هذه الدراسة معالجة أوجة القصور والسلبيات في السياسات التسويقية والبحث في مسبباتها والمساهمة في وضع حلول لها .

واحيراً هدفت هذه الدراسة الي المقارنة بين التجارب التسويقية للشركات العامله في مجال أنتاج وتسويق المشروبات الغازية في السودان لمعرفة مطابقتها واختلافها مع مبادئ التسويق العالمية ، وقد اتبع الباحث المنهج التحليلي المقارن والمنهج الوصفي.

وتمثلت فرضيات الدراسة في الاتي:

1. عدم أهتمام منظمات الاعمال المنتجة والمسوقة للمشروبات الغازية بولاية الخرطوم ببحوث التسويق يؤدي الي عدم مواكبتها لحاجات المستهلك النهائي ولرغباتة المتجددة والمتنوعة فضلاً عن إفتقارها الي المعلومات الدقيقة اللازمة لبناء ورسم سياياتها التسويقية.
2. عدم معرفة رجال البيع الذين يقومون بتنفيذ السياسات التسويقية والبيعية للمنظمات المنتجة والمسوقة للمشروبات الغازية بولاية الخرطوم بفن البيع والتعامل مع العملاء وذلك لقلة خبرتهم في مجال البيع والتسويق وعدم الاهتمام الكافي بمنظماتهم بالتدريب.
3. قصور اساليب التسويق المتبعة في تسويق المشروبات الغازية مرده الي عدم الاهتمام الكافي بالتسويق وابحاثة .

أهم النتائج التي خرجت بها هذه الدراسة :

عدم أهتمام هذه الشركات بدراسة المستهلك النهائي وإفتقارها الي المعلومات الدقيقة لرسم سياستها التسويقية، وقصور اساليب التسويق في هذه الشركات وذلك لعدم الاهتمام بإجراء بحوث التسويق .

ومن توصيات الدراسة:

- الاهتمام بدراسات التسويق والمستهلك والاستفادة من ذلك في وضع سياسات تسويقية ناجحة .
- الاهتمام بمناديب البيع وتدريبهم لزيادة خبرتهم في مجال البيع والتسويق.

(3) دراسة سالم أحمد الرحيمي 2004:[1]

وهي بعنوان "اثر وسائل الاعلان والترويج على السياحة الداخلية في الاردن" هدفت هذه الدراسة الي معرفة واقع السياحة والاعلان في الاردن ودور وسائل الاعلان في الترويج للسياحة الداخلية ، والعوامل المؤثرة علي العلاقة بينها والتعرف علي التسويق السياحي وعلى عناصر المزيج الترويجي للسياحة الداخلية في الاردن ودوافع السياحة الداخلية وقد أعتمدت الدراسة علي المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الاحصائي وتمثلت فرضيات هذه الدراسة في الاتي :

1- يتأثر ترويج السياحة الداخلية في الاردن بدور وسائل الاعلام .

2- تتأثر وسائل الاعلام للترويج للسياحه الداخلية في الاردن بوسيلة الترويج المستخدمة

3- يتأثر دور وسائل الاعلام في تنشيط تعاقدات السياحة الداخلية بالاردن بالهدف من الزيارة.

4- يتأثر دور وسائل الاعلام بغرض السائح من وسيلة الترويج المستخدمة.

من النتائج التي خرجت بها الدراسة :

أن هناك علاقة بين دور وسائل الاعلام والترويج للسياحة الداخلية وانها تتأثر بإختلاف عناصر الترويج .

واوصت الدراسة بضرورة الاهتمام بقطاع السياحة والعمل علي تنميتهاوتطويرها وتبني سياسات ترويجية هادف للسياحة الاردنية واستقلال وسائل الاعلام في ذلك.

كذلك أوصت الدراسة بمعرفة حاجات المواطنين ودوافعهم السياحية وتحفيزهم علي اشباعها بالسياحة الداخلية وتحقيق رضاهم وكذلك أوصت الدراسة بأجراء دراسات لاحقة لتغطية الجوانب ذات العلاقة بموضوع الداراسة التي لم يستوفي بحثها .

(4) دراسة د/ جمال رضا محمد حلاوة 2005 [2]

وهي بعنوان "أثر الاعلان علي سلوك المستهلك الفلسطيني في مجال السلع الاستهلاكية في الضفه الغربية".

وهدفت هذه الدراسة الي تحليل سلوك المستهلكين ورغباتهم وقدراتهم وحاجاتهم والتعرف علي الوضع الاقتصادي الذي يعيشة المستهلك وبيان أثر الاعلان علي سلوك المستهلك، كما هدفت هذه الدراسة الي معرفة المشكلة الحقيقية لدي المستهلك عند أختيارة لسلعه معينة. وتحليل أتجاهات ورغبات ومدي قناعة المستهلكين وتأثير الاعلان عليهم ووضع شركات الاعلان وفاعليتها . كذلك هدفت هذه الدراسة لدراسة أهمية الاعلان في الضفه الغربية وتأثيره علي المستهلك في مجال السلع الميسرة تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الإحصائي للقيام بهذه الدراسة

وتمثلت فرضيات الدراسة في الاتي :

---

[1] سالم أحمد الرحيمي ، اثر وسائل الاعلان والترويج على السياحة الداخلية في الاردن ، رسالة دكتوراة جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا ، 2004م .

[2] جمال رضا محمد حلاوة، "أثر الاعلان علي سلوك المستهلك الفلسطيني في مجال السلع الاستهلاكية في الضفه الغربية "، رسالة دكتوراة جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا ، 2005م .

لا توجد علاقة ذات دلالة أحصائية عند المستوي 0.05 بين أثر الاعلان علي سلوك المستهلك تعزي للمتغيرات الاتية "العمر، المستوي التعليمي، مكان السكن، الجنس، النوع، العمل، الدخل".

وقد خرجت الدراسة بالنتائج الاتية :

أن معظم المستهلكين لايفرقون بين الدعاية والاعلان ، وانهم لا يعترفون بالاعلان ويعتبرونه نوعاً من الخداع والاساليب المضلله من خلال استخدام المشاهير والفتيات الجميلات ، وان للاعلان أثراً متوسطاً علي سلوك المستهلك الفلسطيني أم أكثر وسائل الاعلان تأثيراً علي المستهلك الفلسطيني فهي التلفزيون .

واوصت الدراسة بالاتي :

وجوب التحسين الفني للاعلان وانشاء نقابة للسوق الاعلاني في فلسطين والعمل علي "أنشاء موسسات مستمرة وورش عمل للمتعاملين في الاعلان بما يحقق رغبات واذواق المستهلكين وحاجاتهم.

(5) دراسة حسام فتحي أبوطعمية 2005م : [1]

بعنوان "أثر الاعلان علي سلوك المستهلك ، بالتطبيق علي السلع الغذائية المنتجة والمسوقة في المملكة الاردنية الهاشمية" .

هدفت هذه الدراسة الي معرفة أثر الاعلان كأحد عناصر المزيج الترويجي واهميتها علي سلوك المستهلك الاردني بالتطبيق علي السلع المنتجة والمسوقة في الاردن ، وتوضح دور وسائل الاعلان المختلف في الترويج الاعلاني موضحاً أهمية وجود علاقة أرتباط منظمة بين اطراف الدراسة التالية :

الشركات المنتجة والمسوقة للسلع الغزائية ومكاتب وكالات الاعلان ، والمستهلك وتكمن أهمية الدراسة بشكل أساسي في مدي تأثير المستهلكين بالاعلان من حيث قدرته علي جذبهم وتغيير سلوكهم نحو السلعة أو الخدمة أو الفكرة موضوع الاعلان وبالتالي التأثير في قراراتهم الشرائية أما اهمية البحث بالنسبة للشركات المنتجة والمسوقه للسلع الغذائية الاردنية باعتبارها دليلاً معتمداً لها تعزز نقاط القوة في برامجها التسويقية وتعالج سلبياتها من حيث عدم اهتمامها بالانشطة والبحوث التسويقية بالشكل المطلوب . واستخدم الباحث المنهج الوصفي والمنهج الاحصائي لاجراء هذه الدراسة وتمثل فرضيات الدراسة في النقاط التالية :

1- الادارات التسويقية في الشركات المنتجة والمسوقة للسلع الغزائية لا تعطي الاهمية المطلوبة للبحوث الاعلانية لتوجيها الانتاجي وليس الترويجي.

2- لاتقوم الادارات التسويقية في هذه الشركات بتحديد أهداف حملتها الاعلانية شكل كمي وقابل للقياس .

3- تفضل الشركات المنتجة والمسوقة للسلع الغذائية الوسائل الإعلانية الأقل تكلفة والتى تجذب للشركة أكبر عدد من المستهلكين .

4- الاعتمادات المالية المصرفية للاعلان في هذه الشركات تعتبر قاصرة أمام المنافسة الاجنبية ذات الاعلان المكثف .

5- يفتقر العاملين في هذه الشركات الي برنامج التدريب الكافي في مجالات التسويق عامة والاعلان علي وجة الخصوص .

وقد توصلت الدراسة الي عدة نتائج أهمها :

1. أن الاعلان ليس هو المؤثر الاوحد في زيادة مبيعات أي شركة غذائية لان الزيادة يمكن أن تكون بسبب عوامل أخري مثل جهود البيع وتحسين جودة السلعة أو الخدمات المقدمة أو تقادم السلع المنافسة .
2. لايوجد في هذه الشركات أدارات متخصصة للاعلان والترويج تهتم بعمل بحوث الاعلان
3. أن التلفاز هو الوسيلة الاكثر اهمية من بين وسائل الاعلان .
4. أن متغيرات البيئة الداخلية والخارجية ادت لزيادة الاهتمام بدراسة سلوك المستهلك .
5. أن تجذئة السوق أدت لتطوير المزيج التسويقي والاهتمام بدراسة سلوك المستهلك .
6. أن هناك مراحل لتطوير الانشطة التسويقية تواكب المتغيرات في سلوك المستهلك

أما توصيات هذه الدراسة :

تتمثل في :

- تطبيق النظام العلائقي (أحد نظم المعلومات الادارية) كأحد نظم المعلومات الحديثة في مجال الترويج والاعلان .
- توجية أهتمام الحكومات نحو الاهتمام بالصناعات الغذائية وتطويرها لتأثيرها علي الناحية الصحية والاقتصادية والسياسية .
- العمل علي دراسة المستهلك دراسة منطقية لمعرفة حاجاته ورغباتة (القيام ببحوث المستهلك) وذلك بتصميم المزيج التسويقي المناسب لقطاعات المستهلكين المختلفة الي جانب الاهتمام ببحوث السوق والمنتجات والتوزيع والبيئة التسويقية .
- التنويع والتحديث في المزيج الترويجي وخاصة الاعلان لبناء ثقافة ترويجية لدي المستهلك .
- الاهتمام ببحوث السوق وذلك لتلبية حاجات العملاء .
- تنمية المهارات البيعية لرجال البيع .

[1] حسام فتحي أبوطعمية ، أثر الاعلان علي سلوك المستهلك ، بالتطبيق علي السلع الغذائية ، رسالة دكتوراة ، جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا ، 2005م .

الدراسات الاجنبية:

(1) Lig Tiger and calanton. Roger J. ((The Impact of marketing Knowledge Competence on New Prodret advantage: Conceptualization and Erepirical Examination . (1998) (1)

لقد تم إجراء هذه الدراسة على عينة من الشركات الصناعية فى الولايات المتحده الأمريكية .ولقد هدفت هذه الدراسة إلى توضيح أهمية المعرفة بالسوق فى إختيار الإستراتيجية التى تحقق الميزة التنافسية ، وقد خلصت هذه الورقة إلى عدة نتائج أهمها أن على إدارة الشركات موضع الدراسة الإهتمام بالمعلومات والمعرفة بالسوق بالاضافة إلى الظروف البيئية المتمثلة فى شدة المنافسة فى السوق والتغير التكنولوجى وأثره على التغير فى حاجات المستهلك :

(2) Noble. charlesand Mokwa. Michacl P.(Implementing Marketing strategies: Develeping and testing a managerial Theory. 1999 (1)

تناولت هذه الدراسة عينة من مدراء التسويق فى عدد من الشركات الأمريكية وقد هدفت هذه الدراسة إلى توضيح مدى نجاح هذه الشركات فى تطبيق الإستراتيجية التسويقية وتحقيق الميزة التنافسية وقد خرجت هذه الدراسة بعدة نتائج من أهمها:

(1) تحقيق الميزة التنافسية يعتمد على نوعين من العوامل الأول داخلى يتعلق بالمستهلك وبمهارات مدراء التسويق، وكفاءة تخصيص الموارد والمعرفة بالسوق والقدرة على التطوير، أما العامل الثانى فإنه يرتبط بمدى إدراك مدراء التسويق للفرص والمخاطر التسويقية فى بيئة العمل الخارجية.

(3) Nodle Charles H, Sinha. Rajir Kand Kumar Ajith, ((Market orientation and Altmatire strategic Orientation : A longitudinal assessment of performance ((lmplications)) 2002 (2)

لقد تم إجراء هذه الدراسة على عدد من الشركات الرائدة فى السوق الأمريكية وهدفت هذه الدراسة إلى دراسة مدى تطبيق هذه الشركات لمدخل التوجه بالسوق ومعرفة العوامل التى تستخدمها هذه الشركات كأساس لاختيار البديل الإستراتيجى الذى يمكن الشركة من التوسع فى السوق ويعظم أرباحها وحصتها السوقيه ، وخرجت هذه الدراسة بعدة نتائج من أهمها -:

إن المعرفة بالسوق والمستهلكين وحاجاتهم وكذلك المعرفة بالعوامل البيئية الأخرى هى من أهم العوامل التى يمكن الإعتماد عليها عند قيام هذه الشركات بإختيار الإستراتيجية التسويقية التى تمكنها من التوسع فى السوق وتعظيم ربحها وحصتها التسويقية.

(4) Michael Ehreta, rishal kashyapb, Jochon aritz, ((business Models:Impact on tusiness business Markets and opportunities fer marketing research)) 2012 (3)

هدفت هذه الورقة إلى توضيح التغيرات الكبيرة التى حدثت فى سلوك المستهلك نتيجة التغيرات التى صاحبت التجارة الإلكترونية ، وتوضيح دور بحوث التسويق فى التعرف على العوامل التى تؤدى إلى اتخاذ قرار الشراء على الإنترنت وقد تم المقارنه فى هذه الدراسة بين العديد من النماذج التى توضح أهمية العوامل التى تؤثر على سلوك المستهلك عبر شبكة الإنترنت من عوامل داخليه وشخصيه وإدراك ودوافع المستهلك) وعوامل خارجية واجتماعية وثقافيه واقتصاديه وتوصلت هذه الورقة إلى عدة نتائج أهمها:

إن ظهور الإنترنت أسهم فى ظهور أنماط سلوكيه جديدة فيما يتعلق بالمقارنة بين المنتجات والخدمات والتى لأحصر لها والمتاحة من خلال شبكات الإنترنت.

وأوصت هذه الورقة بضرورة تطوير المنظمات وسائل اتصالاتها بالمستهلك واستخدام اتصالات ثنائية الاتجاه بحيث يستطيع المستهلك التفاعل معها وإبداء رأيه باعتبار أن المستهلك هو جزء من هذه الشبكات والذى يؤثر عليها ويتأثر بها فيما يتعلق بالثقة فى موقع معين دون غيره وهذا مايقود هذه المنظمات إلى تحقيق النجاح بما لاشك فيه أن الثورة الرقمية تمارس أقوى التأثيرات على سلوك المنظمات.

(5) Era –cristina petresu. Mihrela constonthnescu : ((Therole ofeducation on concumer be havior on The Insurance market)) 2012 (2)

هدفت هذه الدراسة إلى توضيح دور التعليم فى التأثير على قرار الشراء فى سوق التأمين الرومانيه ودراسة سلوك المستهلك المؤمن عليه تم إستخدام المنهج الوصفى إلى جانب المنهج الإحصائى لاجراء هذه الدراسة وتتمثل فرضيات هذه الدراسة فى النقاط التالية :

- إن انخفاض التعليم فى مجال التأمين يؤدى إلى انخفاض الطلب على خدمات التامين فى رومانيا
- إن تقييم المخاطر لايتم بشكل جدى ومستوى المعرفة منخفض
- إن وجود أساليب جديدة للتعليم كالانترنت مثلاً يسهم فى تسهيل عملية التعليم وفهم التامين

وقد خرج هذا البحث بعدة نتائج أهمها :

-عدم وجود التعليم يؤدى إلى سوء فهم دور وضرورة التأمين فتعليم الفرد يلعب دورًا هامًا فى شراء بعض الخدمات مثل التأمين .

ومن التوصيات التى خرجت بها هذه الدراسة:

- يجب تعليم وتثقيف الأفراد وإقناعهم بضرورة التأمين على حياتهم وممتلكاتهم .
- إن التعليم يؤثر على سلوك المستهلك ((المؤمن عليه)) وعلى عقليته .
- على شركات التأمين استخدام حوافز أفضل لجذب المستهلك لشراء خدمات التأمين.

(6) Anna Gariglioa, Eugenio Demartinia, chitstine Maur, cherb, Alterto Airania ((Consumer Perception forms of Fish An empirical analysis in Italy)) 2014, (1)

هذه الورقة هى عبارة عن دراسة إستقصائيه تم إجراؤها نيابة عن الحكومة الإيطالية والتى تهدف إلى اقتراح إطار لعملية الترويج لتعزيز استهلاك مايسمى ((السمك الأزرق)) داخل إيطاليا تم استخدام المنهج الوضعى إلى جانب المنهج الإحصائى للقيام بهذه الدراسة وتشتمل الدراسة على عدة فرضيات منها :

تلعب الاختلافات المدركة عن الأنواع المختلفة للأسماك لدى المستهلك دورًا مهم عند وضع الإستراتيجيات التسويقية.

- تؤثر العوامل الصحية على استهلاك الأسماك
- تؤثر المشاكل البيئية على استهلاك أنواع معينة من الأسماك

وقد خرجت هذه الدراسة بعدة نتائج أهمها :

- هناك اختلافات كبيره بين الإدراك الحسى لهذه المنتجات ((الأسماك))

لايرجع إلى الاختلاف فى إدراك المستهلك أو جنس أو عمر أو تعليم المستهلك .

ومن أهم التوصيات التى خرجت بها هذه الدراسة :

ضرورة التركيز على الجوانب الصحية للأسماك الزرقاء أثناء الحملات الترويجية .

(7) Nor Marini Mohrar, Nur Alis Amirnordin. Dr Uazliza Haron ((Ayamas Food Corporation Slr : Astudy on Thefactors of Cosamer Behariow Towards Halal Productselection , 2012 (2)

ركزت هذه الدراسة على ضرورة فهم سلوك المستهلك المسلم فى ماليزيا تجاه المنتج الحلال وذلك حتى يمكن تلبية احتياجاته من المنتجات الحلال وقد تم تطبيق هذه الدراسة فى الشركة الماليزية (أيامز Ayemas (والتى تعمل فى مجال الغذاء(توريد الدجاج عالميًا) مما يتيح أمام هذه الشركة فرصة تسويق منتجاتها الحلال عالميًا خاصة فى ظل تزايد أعداد المسلمين – مما يتيح أمامها سوقًا مربحه ، وقد هدفت هذه الدراسة إلى -:

- تحديد الدافع الرئيسى الذى يحدد موقف المستهلكين العالمى نحو منتجات الشركه موضوع الدراسة
- دراسة العلاقة بين تسمية المنتج وصورة الشركة وجودة المنتج تم استخدام المنهج الوصفى لاجراء هذه الدراسة إلى جانب المنهج الإحصائى وقد اشتملت هذه الدراسة على عدة فرضيات وهى-:

1- هنالك علاقة ذات دلالة إحصائية بين تسمية المنتج والصورة المدركة للشركة المذكورة لدى المستهلك

2- هنالك علاقة ذات دلالة إحصائية بين تميز المنتج والجودة المدركة لهذا المنتج لدى المستهلك.

وقد خرجت هذه الدراسة بعدة نتائج أهمها :

- إن جودة المنتج وتسميته تؤثر على سلوك المستهلك لذا لابد من محاولة فهم وحصر العناصر المؤثرة عليه حتى يستطيع المنتجين والمصنعين تحقيق النجاح فى سوق المنتجات الحلال العالميه.

(8) Leonidas C. Leonidu1, Constantinos Leonidou 6 Thomas A.fotiadis, Athina zeriti ((Resources and Capabilities as drirers of hotel ehironmental marketing Strategy)) 2011, Implications competitire advantage And Performance 2011 (1)

- تهدف هذه الدراسة إلى توضيح أثر التغيرات فى المـــوارد على تطوير إستراتيجية تتواءم مع البيئة ((فى الفنادق اليونانية)) للحصول على ميزة تنافسية مما يزيد من القدرة على تحقيق التوسع فى السوق والتفوق فى الأداء (التسويق الأخضر) تم استخدام المنهج الوصفى إلى جانب المنهج الإحصائى للقيام بهذه الدراسة وقد اشتملت هذه الدراسة على الفرضيات التالية :
- إن الموارد التنظيمية هى المدخلات الحيوية لوضع وتطبيق إستراتيجيه سليمة للتسويق .
- إن توفير الموارد التنظيميه يزيد من قدرة الفنادق إلى دخول مجالات جديده.

ومن أهم نتائج هذه الدراسة :

يؤدى توفر القدرات والموارد التنظيميه بهذه الفنادق إلى وضع وتنفيذ إستراتيجيات تسويقيه تحقق لها العديد من المزايا التنافسية والتفوق فى الأداء.

- تشمل الممارسات الطبيعيه جزء من المنتج السياحى نفسه

ومن التوصيات التى خرجت بها هذه الدراسة :

- لابد من زيادة الاهتمام بمجال البيئة فى قطاع الفنادق أو(الفندقة الصديقة للبيئة) وغيره من مفاهيم جديدة لدى مستهلكى هذا المنتج والتى تؤثر على حاجاتهم ورغباتهم الأمر الذى يجعلهم على استعداد لدفع سعرًا أعلى للسلع الصديقة للبيئة.

إستنادًا إلى مراجعة وتحليل الدراسات السابقة تتميز الدراسة الحالية بما يلى:

المنهج المستخدم في البحث: سيتم استخدام المنهج الاستقرائي لاجراء هذه الدراسة. الدراســة النظــرية: استهدفت هذه الدراســة تغطــية الإطــار النظــري المتعلــق بمــوضوع البحــث والمفــاهيم المتعلــقة بتلك الدراســة وذلك من خــلال ما ماكــتب عن أثر الإعلان وتاثيره على المستهلك .

التعاريف الاجرائية:

تعريف المستهلك : من الضرورى تعريف من هو المستهلك قبل الدخول في تعريف سلوك المستهلك .

1. المستهلك الفردي: هو الذي يشتري السلع والخدمات إما للاستعمال الشخصي أو للاستهلاك العائلي (مستهلك نهائى).
2. المستهلك التنظيمي: وهي السلع والخدمات التي يتم شرائها من أجل تسهيل أمور العمل واستخدامها أثناء ساعات العمل (مستهلك صناعى).

الفرق بين المستهلك والعميل:

1. المستهلك: هو أي فرد يبحث عن سلعة أو خدمة معينة بغرض الشراء .
2. العميل: هو الفرد الذي يشتري احتياجاته بصفة منتظمة من أحد المحلات التجارية

تعريف سلوك المستهلك :

علي الرغم من ان الكثير من الباحثين يري أن السلوك الأستهلاكي هو جزء من السلوك الأنساني وأنه لايمكن أن ينفصل او ينعزل عنة [1] إلا اننا لأغراض هذا البحث سوف نحاول تعريف سلوك المستهلك بشكل منفصل وهذا ما سيتضح فيما يلي من تعريفات :

1- يري د. أيمن علي عمر أن سلوك المستهلك مجموعة من التصرفات التي تصدر عن الافراد الذين يقومون مباشرة بالحصول علي السلع والخدمات الاقتصادية وأستخداماتها بما يضمه ذلك من القرارات التى تسبق هذا التصرف وتحددها .[2]

2- كما يري د. أسماعيل محمد السيد أن سلوك المستهلك هو تلك العمليات المرتبطه بقيام فرد ما أو جماعة من الأفراد بأختيار وشراء واستخدام والتخلص من منتج ما أو خدمة أو فكرة أو حتى خبرة بغرض أشباع الحاجات والرغبات . [3]

3- كما عرفه د. عبد السلام ابو قحف بأنه مجموعة من الانشطه الذهنية والفصلية المرتبطه بعملية تقييم والمفاضلة والحصول علي السلع والخدمات واستخدامها .[4]

4- كما عرفه د. محمد إبراهيم عبيدات بأنه ذلك التصرف الذي يبرزه المستهلك في البحث عن أو شراء أو أستخدام السلع أو الخدمات أو الافكار أو الخبرات التي يتوقع أنها ستشبع رغباته أو حاجاته وحسب الامكانيات الشرائية .[5]

5- كما عرفه د. اسعد طلعت "بأنه النمط الذي يتبعه المستهلك في سلوكه للبحث او الشراء او الاستخدام أو التقيم للسلع والخدمات والافكار التي يتوقع منها أن تشبع حاجاته ورغباته"[6].

6- أما ابو جمعة فيقول "يشير سلوك المستهلك إلي عملية اتخاذ القرارات بواسطة الافراد ، والنشاط المادي لدعم ذلك عند التقييم أوالحصول علي أو الاستخدام أو التخلص من المنتجات" [7]

ومن هذا التعريف يتضح أن :-

1. سلوك المستهلك هو اتخاذ القراراتprocess of decision making وعدد من الانشطه المادية .
2. سلوك المستهلك يتعلق بمنتجات Products .
3. ان هذا السلوك يمارس عند الرغبة في تقييم المنتجات أو الحصول عليها واستخدامهاوالتخلص منها Disposition .
4. أن هذا السلوك هو سلوك أفراد Individuals وليس سلوك منظمات ، أي أنه سلوك يقوم به الشخص لإشباع حاجه معينة أو لتحقيق رغبة شخصية وليس له علاقة بالمنشأة التي يعمل بها الشخص أو المنصب الذي يشغله .

7- ويعرفه د. احمد جبر "بأنه النمط الذي يتبعه المستهلك في سلوكه عند البحث أو الشراء أو التقيم للسلع والخدمات والافكار التي يتوقع منها أن تشبع حاجاته ورغباته". (1)

يلاحظ من خلال التعاريف السابقة ما يلي:[2]

(أ) أن عملية التعرف علي سلوك المستهلك تتم من خلال الأفعال والتصرفات والحركات وردود الأفعال المباشرة التي يقوم بها المستهلك عند إتخاذ قرار الشراء والتي يمكن ملاحظتها ومشاهدتها عند قيامه بشراء المنتج أو الخدمة، والأختيار من بين البدائل العديدة المطروحة أمامه.

(ب) هناك جانب مهم يبقي ولا نستطيع التعرف عليه من الملاحظة المباشرة وهي الإجراءات التي تتم داخل الفرد والتي تسبق عملية اتخاذ القرار.

(ج) عملية التخطيط التي يقوم بها الافراد من اجل اتخاذ قرار الشراء، وان هذا التخطيط يستند علي جانبين مهمين هما الخبرات السابقة للفرد والتي تتعلق بالمنتج نفسه والمنتجات المنافسة والبديلة ورد فعل المستهلك بعد الأستهلاك ومدي أستعداد المستهلك للأستمرار بشراء المنتج أو عدم الأستمرار وذلك إستنادا الي مستوي الأشباع والرضا الذي يحصل عليه من المنتج والجانب الآخر هو سعي المستهلك الي جمع المعلومات وبشكل مستمر من اجل التوصل الي قرار شراء مناسب يحقق من خلاله مستوي الإشباع والرضا لحاجاته ورغباته.[3]

(د) العوامل النفسية للفرد مثل الاحتياجات الدوافع الادراك الذكاء الذاكره تلعب دور كبير ومهم في تحديد سلوك الافراد وتحديد سلوكهم الاستهلاكي واتخاذ قرار الشراء.

---

[1] constantin . jamon et autres : strategy and managerment , tyas Bus in ass publication lnc , Dallas1976 , p 161 .

[2] ايمن علي عمر ،قراءات في سلوك المستهلك ، مرجع سابق ، ص 15 .

[3] اسماعيل محمد السيد ، التسويق ، مرجع سابق ، ص15

[4] عبدالسلام أبو قحف ، أساسيات التسويق ، ص11

[5] محمد ابراهيم عبيدات ، سلوك المستهلك ، مدخل استراتيجي ،ط4، دار وائل ، عمان ، 2004م ، ص 4 .

[6] طلعت اسعد عبد الحميد ، التسويق الفعال وتحديات القرن العشرين ،ط4، مكتبة عين شمس ، القاهرة ،2000م ، ص 95 .

[7] نعيم حافظ ابوجمعة ، اساسيات إدارة التسويق ،ط1، دار القلم ، الكويت،1999م ، ص 58 .

[1] احمد على جبر،التسويق ، مكتبة الجلاء ، المنصورة ، 1984م ، ص 105 ــ 139 .

[2] بن يعقوب الطاهر ، دور سلوك المستهلك في تحسين القررات التسويقية ،مجلة العلوم السلوكية ، جامعة محمد خصير بسكرة ، دور سلوك المستهلك في القرارات التسويقية ، ابن يعقوب ، القاهرة ، 2012/5/3م

1) عنابي بن عيسي ، عوامل التأثير النفسية ، ديوان المطبوعات بالجامعة ، الجزائر ، 2003م ، ص 171 .

(ه) أن هناك علاقة بين العوامل البيئية وسلوك المستهلك .

(و) أن هناك علاقة بين الدخل وسلوك المستهلك .

(ز) أن رد فعل المستهلكين للمتغيرات البيئية ليس متشابها .

رابعا : سلوك المستهلك الشرائي :

(أ) عند دراسة سلوك المستهلك لابد من الأنتباه إلي الأدوار التي يتم القيام بها عند القيام بالشراء فهناك عدة أدوار وهي :-(2)

(ب) المحرك أو المبادر Initiator وهو الذي يظهر الحاجة إلي أو يشير إلي وجود المشكلة.

(ج) المؤثرInfactor وهو الذي يوجه قرار الشراء إلي أتجاه معين.

(د) المقرر Decider وهو الذي يتخذ قرار الشراء.

(ه) المشتري Buyer وهو الذي يقوم بالشراء الفعلي.

(و) الفتلر وهو الذي يمارس نوعاً من التحكم في أنسياب وتدفق المعلومات إلي مراكز التأثير في قرارات الشراء.

(ز) وهنا لابد من ملاحظة أن الدور الواحد يمكن أن يقوم به أكثر من شخص كما أن الشخص الواحد يمكن أن يؤدي أكثر من دور .

(ح) بالرغم من أن عملية دراسة وتحليل سلوك المستهلك تمد المسئولين في مجال التسويق بالكثير من المعلومات التي تعتبر دعامة اساسية للقيام بتصميم الاعلان المناسب ألا أن هذه العملية تتسم بالكثير من الصعوبة والتعقيد وذلك للأسباب الآتية :-[3]

(ط) تعدد العوامل والمتغيرات التي تؤثر علي سلوك المستهلك .

(ي) إمكانية تأثير هذه العوامل بصورة منفصلة علي المستهلك وكذلك إمكانية تأثيرها بصورة متكاملة ومتفاعلة مع بعضها البعض.

(ك) التداخل بين هذه العوامل فالأسرة يمكن أن تكون متغير اجتماعي وكذلك يمكن أن تكون تأثيرها كجماعة مرجعية . كذلك الدوافع يمكن اعتبارها أحد العوامل الفسيولوجية ويمكن أن تؤثر كذلك علي اتجاهات أو إدراك المستهلك وهكذا.

الإعلان واثره على سلوك المستهلك :

يعد الإعلان احد العناصر الرئيسية في المزيج الترويجي, promotion Mix والذي يحتوي على هذه العناصر

- الاعلان

-تنشيط المبيعات

- البيع الشخصي

- االدعاية والنشر

-العلاقات العامة

وتهدف هذه العاناصر جميعا إلي إثارة اهتمام المستهلك أو المستعمل بالمنتجات المعروضة وحثه علي شرائها

ويعرف الأعلان بأنه :

أ. "هو عبارة عن اتصال غير شخصي مدفوع القيمة، يتم فيه استخدام وسائل اتصالات واسعة الانتشار Mass Media الإذاعة والتلفزيون والمجلات بواسطة كل منظمات الأعمال . وكذلك بواسطة المنظمات الربحية التي تهدف للربح، وذلك فضلاً عن الأفراد الذين يظهرون في الاعلان بشكل أو بآخر، وبهذه الوسيلة أي الاعلانات يتم إعطاء معلومات أو إقناع جمهور معين ويشمل ذلك كل من المنتجات الملموسة (السلع) وغير الملموسة (الخدمات) والمنظمات والأفكار"[1]

ب. ويعرف الاعلان علي انه "اتصال غير شخصي مدفوع الثمن والذي تتبعه منشات الاعمال والمؤسسات التي تهدف الي الربح وكذا الافراد بقصد تقديم السلع والخدمات والافكار لمجموعة من المستهلكين او المشتريين الصناعيين واقناعهم بها".[2]

ج. ويقدم كوتلر Kotlr تعريفا للاعلان هو:" شكل من الأشكال غير الشخصية للأتصالات يجري عبر طريق أو وسيلة متخصصة مدفوعه الأجر أو بواسطة جهة معلومة ومحددة [3]. اما ستانتون Stanton فعرف الأعلان بأنه: كافة الأنشطة التي تقدم بطريقة غير شخصية مرتبة وشفوية عن طريق رسالة معلومة تتعلق بسلعة او خدمة او فكرة معينة" [4].

---

[1] 2) عنابي بن عيسي، مرجع السابق ، ص 59 – 60 .

[2] ابو جمعة ، مرجع سابق ، ص 82 – 83 .

[3] 4) نعيم حافظ جمعة ، مرجع سابق ، ص 264 ــ 266 .

[4] 5) طلعت اسعد عبد الحميد ، التسويق الفعال ، مرجع سابق ، ص492 .

6) محمد فريد الصحن ، الأعلان ، الدار الجامعية ، القاهرة ، 2003م ،ص13 ــ 14 .

المرجع السابق ، ص14 .

هذا وقد وردت عدة تعريفات للأعلان كالأتي: [5]

1. الأعلان هو فن التعريف.
2. الأعلان وسيلة أتصالية أقناعية موجهة للجمهور.
3. الأعلان هو الوسيلة المستخدمة في تسليم الرسالة البيعية.
4. الاعلان هو وسيلة جماهيرية لتوصيل المعلومات بغرض إقناع المشتري بالسلعة.
5. الأعلان هو وسيلة أتصال تهدف الي التأثير من البائع الي المشتري علي أساس غير شخصي حيث يفصح المعلن عن شخصيته، ويتم الأتصال من خلال وسائل الأتصال العامة .
6. الأعلان يمثل أي شكل من أشكال التقديم غير الشخصي أو الترويج للافكار أو السلع أو الخدمات لحساب شخص أو جهة محددة مقابل أجر مدفوع .
7. الأعلان هو مختلف نواحي النشاط التي تؤدي الي نشر واذاعة الرسائل الأعلانية المرئية أو المسموعة علي الجمهور بغرض حثة علي شراء سلع أو خدمات معينة أو قبول الأفكار الحسنة عن الأشخاص والمنشأت المُعلن عنها .

ويمكن القول بان التعريف الأكثر اتفاقا بين المختصين في هذا المجال وهو الذي أوردته جمعية التسويق الامريكية حيث عرفت الأعلان بأنه: وسيلة غير شخصية لتقديم الأفكار والسلع أو الخدمات بواسطة جهة معلومة مقابل أجر مدفوع . [4]

كما يعرف الأعلان أيضاً "أي شكل من أشكال الأتصال غير الشخصي مدفوع القيمة لأرسال فكرة أو معلومة. ترتبط بسلعة أو خدمة بواسطة منظمة ما أو شخص معين"[5]

وطبقاً لهذا التعريف فان الاعلان يتميز عن غيره من أوجه النشاط الاخري باربعة خصائص :

1. أنه جهود غير شخصية: حيث يتم الاتصال بين المعلن والجمهور بطريقة غير مباشرة بأستخدام وسائل الأعلان المختلفة كالصحف والمجلات والراديو والتلفزيون.
2. أن الأعلان يدفع عنه أجر محدود: وهذا يميز الاعلأن عن الدعاية التي قد لا يدفع عنها مقابل
3. أن الأعلان لا يقتصر علي عرض السلع وترويجها فقط: وأنما يشمل كذلك ترويج الأفكار والخدمات.
4. إن الاعلان يفصح فيه عن شخصية المعلن: الذي يقوم بدفع ثمن الاعلان ويعد مصدره ويختلف بذلك عن الدعاية التي لا يحدد فيها مصدر المعلومات في كثير من الحالات.

الأعلان والمستقبل :

من الصعوبة الكلام عن مستقبل الأعلان ولكن يمكن وضع هذه الخطوة العرضية تحت الأتجاهات المستقبلية للأعلان في النقاط التالية : [3]

1. حجم الأعلان: سوف تستمر الزيادة في الأنفاق علي الأعلان .
2. القيود الأجتماعية: في ظل ظروف تتسم بالندرة هل يمكن للمجتمع أن يتحمل تلبية جميع الحاجات والرغبات التي ينشطها الأعلان .
3. توقعات المستهلكين: سوف يزداد تشكك المستهلك في الأعلانات في المستقبل وسيطلب المعلومات الدقيقة والمفيدة وسيحارب الأعلانات المضللة.
4. الأتجاه الي الأعلانات التعليمية : سوف تتجة مؤسسات الأعلان الي الجانب التعليمي الذي سيستفيد منه المستهلك خاصة أذا تحقق الأستخدام الأمثل للسلع المعلن عنها.

يرى البعض أن وكالات الأعلان ستزيد قوتها في السنوات المقبلة بينما يرى البعض الأخر أن المعلنين سوف يعتمدون علي أنفسهم في الأعلان دون الحاجة الي وكالة إعلان .

الدائرة الذهبية للإعلان 1: The golden circle and advertising Mix

يؤكد خبراء الإعلان المهنيون ضرورة طرح بعض التساؤلات التي تعد مفتاح النجاح للأعلان ، وهذه التساؤلات يتوجب أن تشمل مكونات المزيج الأعلاني والتي نوضحها في النقاط التالية:(1)

-1. من المعـــلن ؟WHO

-2. لمـــن أعلـــن ؟To Whom

-3. ماذا أ علـــن What ؟

-4. لمـــن أعلـــن ؟To Whom

---

[5] هناء عبدالحليم سعيد ، الأعلان والترويج ، مرجع سابق ، ص49 – 51 .
[1] حميد الطائي وأخرون ، الأسس العلمية للتسويق ، مرجع سابق ، ص301 .
[2] عبد السلام أبو قحف، اساسيات التسويق ، ، ص682 .
[1] محمد سعيد عبد الفتاح ، إدارة التسويق ، مرجع سابق ، ص444 .

يمكن توضيح التساؤلات السابقة التي يتوجب أن تشمل مكونات الاعلان وهي:

السؤال الأول: من المعلن؟ ونقصد به من الذي يقوم بالأعلان هل المنظمة ذاتها هي التي تقوم بالأعلان أم تقوم بتفويض المهمة إلي شركة إعلانية متخصصة .

السؤال الثاني: لمن أعلن ؟ ونقصد به الجمهور المستهدف أي المراد مخاطبته أو القطاع السوقي هل هم رجال الأعمال أم كبار السن أم الأطفال أم الشباب أم ربات المنازل.

السؤال الثالث: ماذا أعلن؟ ويختص هذا السؤال بالسلع والخدمات والأفكار والاستشارات التى تريد الشركة الإعلان عنها، ثم ما هي الاهداف البيعية الحالية والمستقبلية التي تبقي الشركة تحقيقها .

السؤال الرابع: لماذا أعلن؟ أي ماهي الأسباب والدوافع التى تدفع الشركة المنتجة أو المسوقة للقيام بالإعلان، هل الهدف من الأعلان التزكير أم الأعلام.

السؤال الخامس: أين ومتي اعلن؟ وهذا يعني انه لابد من تحديد زمان ومكان الإعلان ويقصد بتحديد زمان الأعلان تحديد متي يتم الأعلان وتحديد مدة الأعلان "يوم،شهر، سنة "وتحديد عدد المرات التى يتم الأعلان بها والفترة الزمنية، أما المكان: فيقصد به الأماكن التى من خلالها نستطيع إيصال الرسالة الإعلانية لأكبر قدر ممكن من الجمهور.

الصورة الذهنية للمنتج :

يستخدم الأعلان لتحقيق الصورة الذهنية الطيبة في أذهان الجماهير فبعد أن يتم تحديد الجمهور المستهدف والذي سيقدم له المنتج لأبد من دراسة وتحليل هذا الجمهور وتقدير الصورة الذهنية التي تعلق في ذهنه عن الشركة ومنتجاتها وكذلك منافسيها وهذا يساعد الشركة في إدراك مالذي تسعي الية فيما يتعلق بأهداف الأتصال فإتجاهات الأفراد وتصرفاتهم تجاه شئ معين مرتبط بشكل كبير بمعتقداتهم عن هذا الشئ. وبالتالي فالصورة الذهنية Image هو تعبير يستخدم لوصف مجموعة المعتقدات التي يحملها الفرد عن شئ معين. وهي قد تمتد لفترة اطول حتي بعد أن تنتهي الأسباب التي أدت الي ظهورها فمثلاً قد يتم النظر الي شركة ما علي أنها الرائدة الاولي في السوق أو الصناعة حتي بعد أن تبدأ جودة منتجاتها في الانحفاض وجودتها في السوق في التدهور لذا من المهم أن تحافظ الشركة علي الصورة الذهنية الطبيعية وتعمل دائماً علي تحسينها وهذا الامر لايتحقق الإ من خلال الجهود الأتصالية فقط وأنما يتضمن أيضاً عمل جاد في ممارستها يعكس هذا الصورة الجيدة .[1]

واذا كانت حملة الأعلانات مبتكرة تستطيع إن تبني صورة ذهنية (Image) للمنتج بغض النظر عن التفضيل (Preference) أو علي الاقل قبول للعلامة التجارية (Brand Acceptability).

حملات تثبيت الصورة الذهنية:

من المفيد قبل التعرض لهذه الحملات أعطاء نبذة مختصرة عن مفهوم الصورة الذهنية كما يلي :

1. الصورة الذهنية تتمثل في مجموعة الانطباعات والأحاسيس التي تكونت في عقول الأفراد عن أنفسهم أو عن المنتجات أو عن الأشخاص أو المتاجر أو الافكار.[1]

وتتأثر الصورة الذهنية للفرد بعدة عوامل هي: [2]التعليم .السن .المهنة .الثقافة .الدخل .المجموعات التي ينتمي اليها الفرد . درجة تفتح الفرد عقلياً وعاطفياً .

وتتكون الصورة الذهنية عن المنتجات والشركات بأستعمال المنتجات أو بالتعامل مع الشركات ودرجة الأشباع المنتظرمن جانب الفرد، فإذا تحقق الأشباع بالصورة المنتظرة تكونت صورة ذهنية إيجابية. وعندما لايكون الأشباع بالصورة المنتظره فإن الصورة المنتظرة تكون غير إيجابية.

كما أن الفرد يقبل علي المنتجات التى تتفق مع الصورة الذهنية التي كونها لنفسه من حيث المركز الإجتماعي والبيئة التي ينتمي اليها ويقع ذلك عند شراء الملابس أو السيارات حيث يسعي الفرد لتأكيد الصورة الذهنية التي يرغبها لذاته.[3]

الصورة الذهنية عن الاسم التجاري يرتبط بالمشاعر والأحاسيس والأداء والمعاني التي يراها الفرد في نسخة معينة من السلع وقد يتكون الانطباع في الاسم التجاري نتيجة للخصائص المادية (الشكل، المحتويات، الفاعلية) أو نتيجة لانطباعات شخصية عن مشتري السلعة لاسم تجاري معين وفي هذه الحالة الأولي يتم التركيز علي خصائص السلعة عند الأعلان عنها أما في الحالة الثانية فيتم الربط بين الاسم التجاري المعين والانطباع بأن جميع الأفراد يرغبون في شرائة أو إنتاج نفس السلعة باسماء تجارية مختلفة.[4]

تحتاج الشركات أن تذهب الي أبعد من تثبيت الصورة العريضة في ذهن العملاء لتعبر عن فائدة أكثر صلابة وعن سبب الشراء ، كثير من الشركات تعلن عن فائدة واحدة رئيسية لتثبيت الصورة الذهنية ، معتمدة علي احتمالات مثل:[1]الأرقي جودة Best quality.الأحسن أداءً most performance.الأكثر اعتماداً most reliable.الأطول عمراً most durable.الأكثر أمناً Safest.الأسرع Fastest.الأقل تكلفة Least expensive.الأسهل استعمالاً easiest to use.الأكثر راحة most convenient.

أحياناً بعض الشركات تمارس الفوائد المتعددة لتثبيت الصورة الذهنية لمنتجاتها. تروج شركة سميث كلاين بيكهام Smith Kline Becham معجونها للأسنان ماركة أكوا فرش Aqua fresh .

---

(1) محمد فريد الصحن ، العلاقات العامة مبادئ وتطبيق ، الدار الجامعية ، بيروت ، 1988م ، ص232 – 233 .
(1) هناء عبد الحليم سعيد ، الأعلان والترويج ،مرجع سابق ، ص131 .
(2) المرجع السابق ، ص131 – 132 .
(3) المرجع السباق ، ص132 .
(1) بازرعة ، إدارة التسويق ، ، ص195 .
21) كوتلر، كوتلر يتحدث عن التسويق، ، ص151.

عارضة ثلاثة فوائد له هي: الحماية ضد التسوس، والنفس الطيب ، والأسنان البيضاء. تريد الشركة لاسم علامتها التجارية (اكوا فريش) أن يعكس تجزئة السوق بمعني أن يجذب ثلاثة أجزاء بدلاً عن جزء واحد. [2]

ولتثبيت صورة ذهنية معينة يجب على الشركة المسوقة أن تضع في اعتبارها المصادر المحتملة الآتية:-

- تثبيت الصورة الذهنية المعتمدة علي الصفة المميزة Attribute positioning مثل أن تقدم شركة نفسها معتمدة علي صورة ذهنية على أنها الأقدم Oldest
- تثبيت صورة ذهنية اعتمادا علي الفائدة Benefit positioning

هنا يعد المنتج بتقديم فائدة ما مثل أن تدعي شركة للصابون أنها تغسل الملابس بطريقة أفضل.

- تثبيت الصورة الذهنية اعتمادا علي الاستعمال / التطبيق Use & application positioning

يتم تثبيت صورة المنتج علي أنة الأحسن تطبيقاً في حالات معينة.

- تثبيت الصورة الذهنية اعتماداً علي المستعمل User positioning

وهي تثبيت الصورة الذهنية بالنسبة لمجموعة مستهدفة من مستعملي المنتج ، كأن تصف شركة ما للكمبيوتر وبرامجها علي أنها الأفضل لمصممي الرسومات

- تثبيت الصورة الذهنية اعتماداً علي المنافس Competition positioning

ربما تصف الشركة بأنها قائدة لفئتها مثل كوداك فيلم Kodak

- تثبيت الصورة الذهنية أعتمادا علي الجودة /السعر Quality & price positioning

يجب أن تتفادي الشركات الأخطاء التالية عند تثبيت الصورة الذهنية لمنتجاتها:[1]

1- التقليل من فائدة تثبيت الصورة الذهنية Under positioning وتعنى الفشل في عرض فائدة أساسية وقوية أو تقديم سبب مبرر لشراء العلامة التجارية.

2- المبالغة في فائدة تثبيت الصورة الذهنية Over positioning ويعني تبني تثبيت صورة ذهنية بصورة ضيقة بالقدر الذي يجعل بعض العملاء المحتملين يصرفون النظر عن العلامة التجارية.

3- تثبيت الصورة الزهنية المربك Confusing positioning هنا تدعى الشركة فائدتين أو أكثر للمنتج تتعارض مع بعضها البعض .

4- تثبيت الصورة الذهنية فاقدة العلامة Irrelevant positioning ادعاء فائدة يهتم بها القليل من العملاء.

5- تثبيت الصورة الذهنية المشكوك فيها Doubtful positioning وهو ادعاء فائدة يشك الناس فيها أو في استطاعة الشركة علي توصيلها لهم. وحقيقة اذا لم تكن اعلانات الشركة مختلفة عن منافسيها أو أفضل وإذا لم تكن كذلك يجب الحرص علي ذلك فمن المستحسن نصح الشركة او المنشأة أن تنفق مالها في أدوات الاتصال التسويقية الأخري مثل العلاقات العامة وترويج المبيعات أو التسويق المباشر.

أضف لذلك أن القليل من الناس ربما يشاهدون الإعلانات خاصة إعلانات التلفزيون وهم علي استعداد تام لاستعمال أجهزة التحكم عن بعد (ريموت كنترول) ليتحولوا الي قنوات أخري عندما تظهر لوحة الاعلانات .

علي الرغم من هذه الأخطاء المذكورة فإنه يمكن الأستفادة من الصورة الذهنية عن الأعلان عن المنتج فإذا كانت الصورة الذهنية إيجابية عن المنتج فيمكن تكرارها لتدعيم هذه الصورة الذهنية أو الانطباع لدي المستهلك .

كذلك يمكن للمعلن تغيير الصورة الذهنية إذا كانت سلبية محاولة خلق صورة ذهنية جديدة تختلف عن الصورة القديمة وذلك بتأكيد خصائص المنتج وإرتباط ذلك بتحقيق هدف معين يسعي الية الفرد .

كذلك أن التعرف علي العنصر ذي الأثر في تكوين الصورة الأيجابية الحالية عن المنتج يساعد المعلن في التركيز عليه في الأعلان سواء كان ذلك في الخصائص المادية أو تفصيلها بواسطة طبقة أو نوعية معينة من افراد المجتمع .

أما فيما يتعلق بالصورة الذهنية للمنتج الجديد الذي يقدم لأول مرة فإن الامر يتطلب المزيد من الجهود الأعلانية أذ لايستجيب المستهلك بسهولة وسرعة لهذه الأعلانات [1].

يلاحظ الباحث أن للتأثير علي المستهلك بهذا الشكل وحتي يحدث الأثر المطلوب لابد من الألمام بمبادئ ونظريات علم النفس والعلوم السلوكية والأتصالات وحتي يمكن من خلال الأعلان التأثير علي نفسية المستهلك وأحداث الأثر المطلوب وبناء الصورة الذهنية الإيجابية للمنتج المقدم للمستهلك . ويتضمن الاعلان اتخاذ قرارات بشان خمسة مجالات تبدأ بالحرف M وتسمى Five Ms وهى:[2].

---

[3] الطائي واخرون ، مرجع سابق ، ص303 .

[41] ثامر البكري ، التسويق أسس ومفاهيم ، ص156 ــ 160 .

[1] هناء عبد الحليم سعيد ، الأعلان والترويج ن مرجع سابق ، ص123 .

[2] ثامر البكري ، التسويق أسس ومفاهيم ، مرجع سابق ، ص156 ــ 160.

واليك تفاصيل الـMs five وهي:

1. المهمة Mission:

هل تهدف حملة الأعلانات لتزود بالمعرفة؟ أم للإقناع أو لتذكير العملاء المستهدفون .وهل صممت الاعلانات لخلق الوعي Awareness أم الأهتمام Interest أم الرغبة Desire أم الفعل Action وتسمى اختصارا MODEL AIDA .ويوضح هذا النموذج في جدول رقم (1)

جدول رقم(1)يوضح نموذج AIDA

المراحل	نموذج AIDA
الأدراك	لفت النظر Attention
الأثارة	الأهتمام Interest الرغبة Desire
القرار	القرار Action

المصدر : هناء عبد الحليم سعيد ، الأعلان والترويج ، التعليم المفتوح جامعة القاهرة ، 1993م ، ص39 .

يوضح الشكل نموذج AIDA حيث يتضح أن المستهلك حتي يتخذ قرار الشراء يمر بعدة مراحل ويختلف هدف الاعلان أو الترويج بأختلاف كل مرحلة كما يلي:[1]

في مرحلة الأدراك يكون الهدف أختياري

في مرحلة الأثارة يكون الهدف اقناعي

في مرحلة القرار يكون الهدف تركيزي

كذلك تختلف أدوات الترويج المستخدمة بأختلاف هذه المراحل كالأتي : [2]

في مرحلة الإدراك يتم الأعتماد علي البيع الشخصي والأعلان

في مرحلة الأثارة يتم الأعتماد علي النشر والأتصالات الشخصية غير الرسمية (كالاصدقاء والجيران)

في مرحلة القرار يتم الأعتماد علي البيع الشخصي وتنشيط المبيعات

2. الرسالة Massage

وهي المعلومات المطلوب تصميمها الي المستهدفين وتحمل تلك الرسالة معلومات على شكل كلمات معينة أو معاني محددة أو إشكالا أو ارقاما أو صورا أو رموزاً.

وبالنسبة للرسالة فهي تصاغ وفق السوق المستهدف المرغوب وعرض القيمة الخاصة بالعلامة التجارية، والتحدي هنا أن تقدم عرضاً مبتكراً للقيمة.

حيث نجد أن هنالك أكثر من نموذج أو طريقة لعرض الرسالة الأعلانية كما يلي : [1]

1- النموذج الذي يركز علي الصورة :وهنا يتم الأعتماد علي الصورة ولا يستخدم النص للأعلان ألا في حدود صيقة جداً ويستخدم في الأعلان في السلعة أثناء إستخدامها أو في عرض التصميمات الجديدة .

2- النموذج الذي يركز علي النص الاعلاني : وهنا يعبر عن الرسالة الأعلانية بصورة مكتوبة ويصلح عندما يرغب المعلن في مخاطبة عقل المعلن اليهم وهنا يجب أختيار الجمل حتي تثير إهتمام المعلن اليه ويسهل فهمها .

3- النموذج الذي يعتمد علي الصور المتتابعة : يعتمد علي تقديم مجموعة من الصور المتتابعة ويستخدم عند تعدد تصميمات السلعة الواحدة أو عندما يشمل الأعلان الواحد مجموعة متنوعة من السلع .

4- النموذج الذي يعتمد علي صور أو الجمل المميزة : ويعتمد علي تقديم صورة أو جملة مميزة تخلق إنطباع هادف في ذهن المعلن اليهم عن السلعة المعلن عنها .

5- النموذج الذي يعتمد علي الصور الأخبارية : ويعتمد علي تقديم مجموعة من الصور التي تشرح الموضوع المعلن عنة وتستخدم في حالة الأعلان الأخبارى "مثل إعلان إفتتاح أحد المطاعم"

6- النموذج الذي يعتمد علي الفكاهة : ويعتمد علي تقديم فكاهى معين ثم يربط بينه وبين الشيء موضوع الأعلان .

---

[1] هناء عبد الحليم سعيد ، الأعلان والترويج ، مرجع سابق ، ص39 .
[2] المرجع السابق ، ص39 .
[1] هناء عبد الحليم سعيد ، الاعلان والترويج ، مرجع سابق ص178 – 179 .

3. الميديا Media

يتفاعل قرار تصميم الرسالة مع قرار الميديا (فالرسالة المتماسكة يجب أن يتم توصيلها عبر كل وسائل الإعلام– الميديا- الإ أن تنفيذ ذلك يختلف باختلاف الوسيلة سواء كانت صحف أو إذاعة أو تلفزيون أو لوحة إعلانات أو هاتف أو بريد مباشر أو بريد الكتروني) وذلك وفقاً لما تتميز به كل وسيلة مقارنة بالأخري. ويعرض الجدول رقم (6) مزايا وعيوب كل وسيلة من وسائل الأعلان المختلفة.

4. المال Money :

تلجأ الشركات لصرف مبالغ علي الاعلان وفق قواعد معينة مثل هذه المبالغ ميزانية الأعلانات بناء علي قدراتها المالية أو كنسبة مئوية من المبيعات السابقة أو المتوقعة . أو ما يسمى بمدخل التكافؤ التنافسي وهو تحديد ميزانية الاعلان على أساس ما ينفقه المنافسون ولكن أكثر الطرق فعالية هي وضع ميزانية الأعلانات على أساس الأهداف والمهارة. [1]

5. المقياس Measurement

وفي هذا الشأن يمكن قياس فعالية الإعلان بعدة طرق:

القياس الموجه بالمبيعات (Sales Oriented Measuring) فالعديد من الشركات ترضى بقياس زيارة محلاتها مرة ثانية بواسطة العملاء وتقديرهم بينما يجب أن يقيسوا نتائج الإقناع (Persuasion) وبالتحديد قياس كمية الزيادة في تفضيل العلامة التجارية الناتج من التعرض إلي حملة الاعلانات وبالطبع فهو أفضل مقياس لأثر الإعلانات على زيادة المبيعات.

غير أن هناك طريقة العائد من الاستثمار في الاعلانات وهي طريقة يسهل استعمالها في حالة التسويق المباشر، كمثل أن ترسل الشركة عروضاً لأفراد معينين وتستطيع أن تسجل عدد الأشخاص الذين يطلبون معلومات أو يقدمون طلبا للشراء، فإذا قسمنا عدد وقيمة الطلبات على مجمل تكلفة التسويق المباشر يعطينا ذلك العائد من الاستثمار في الاعلان ومن الصعب قياس العائد خارجاً عن إعلانات التسويق المباشر.

الإعلان والإعلام والدعاية:

يختلف الاعلان عن كل من الاعلام والدعاية فالاعلام هو (نشر الحقائق والمعلومات والاخبار بين الجمهور بقصد نشر الثقافة بين أفراده وتنمية وعيه السياسي والاجتماعي) بينما تعرف الدعاية بأنها النشاط الذي يؤدي إلي التأثير في عقيدة الجمهور. وقد يركز موضوع الدعاية عن سلعة او خدمة او منشأة علي تكوين عقيدة تتعلق بواحدة منها ، وفى هذه الحالة تسمى بالدعاية التجارية التى هي في الحقيقة إعلان يستخدم أساليب الدعاية في تحقيق أغراضه .وتركز الدعاية علي الغرائز والدوافع المكتسبة والفطرية بدرجة أكبر من المنطق. وتستخدم الخطب والأحاديث والمناقشات وتنظيم الاجتماعات وعقد المؤتمرات والندوات وترويج الاشاعات وتأليف القصص والكتب ... الخ[1].

ومن التعريفات السابقة يتضح للقارئ أن هناك فرقاً كبيراً بين الاعلان وكل من الاعلام والدعاية.

قرارات الإعلان الرئيسية:

تشمل قرارات الأعلان تحديد عدد من المجالات يمكن توصيحها فيما يلي :[2]

1- تحديد اهداف الأعلان

2- تحديد ميزانية الأعلان

3- تطوير استراتيجية الاعلان (قرارات الرسالة وقرارات الوسيلة)

4- تقييم الحملة الاعلانية

وفيما يلي توضيح لهذه النقاط :

أولاً : تحديد أهداف الاعلان.

وهذه الخطوة من أولي خطوات برنامج تطوير البرنامج الأعلاني حيث أن تحديد أهداف الأعلان هو قرار نابع من قرارات سابقة حول السوق المستهدفة ووضع المنظمة التنافسي في السوق والمزيج التسويقي وهنا تفصيل لأهداف كل نوع من أنواع الأعلان كالأتي :

أ- الإعلان الأبلاغي : أهدافه هي :

- أخبار السوق بالمنتجات الجديدة .
- إقتراح إستخدامات جديدة للمنتج .
- إبلاغ السوق بالتغيرات في السعر .
- شرح لتقنية عمل المنتج .

[21] عبد السلام ابو قحف ، اساسيات التسويق ، مرجع سابق ، ص674 – 675 .
[1] محمود صادق بازرعة ، مرجع سابق ، ص416 .
[2] حميد الطائي واخرون ، مرجع سابق ، ص314 .

- وصف الخدمات المتوفرة .
- توضيح الأنطباعات السلبية أو الزائفة .
- تقليص مخاوف المشتري .
- بناء صورة جيدة للمنظمة .

ب- الإعلان الاقناعي :

أهدافه هي :

- بناء تفضيل للأسم أو العلامة التجارية للمنتج أو تفضيلة .
- تشجيع عملية التحول الي الصنف الذي تنتجة المنظمة .
- تغيير إدراك المشتري .
- ترغيب وأقناع المشتري بالشراء فوراً
- ترغيب المشترين باستلام نداء بيعي .

ج- الإعلان التزكيري :

واهدافة هي :

- تزكير المستهلكين بأنهم سيحتاجون المنتج في القريب العاجل .
- تذكير المشترين بأماكن شراء المنتج .
- تذكير المستهلكين بالمنتج في مواسمه .
- تذكير المستهلكين بالعلامة التجارية وأسم الصنف بأستمرار.
- إبقاء المستهلكين في وضع الترقب .
- إبقاء ذهن المشتري متوقداً وتعزيز رغبته بالتذكير الدائم .

د- الإعلان التنافسي:

ويهدف الي إظهار خصائص المنتجات التى يعلن عنها مقارناً ذلك بالمنتجات الأخري المنافسة أو الشبيهة لها أو البديلةأو التفضيل بينها ويطلب من المستهلك أو المستعمل تجريبه واستنتاج تميزه عن غيره.

ويهدف الاعلان كذلك الي تحقيق الآتي:[1]

1. حث المستهلكين على زيادة مشترياتهم من المنتجات المعلن عنها عن طريق زيادة عدد مرات الأستعمال أو حثهم علي إمكانية تنويع أستعمالات الأغراض الأخري.
2. تصحيح المفاهيم المأخوذة خطأ عن المنتج المعلن عنه حيث يعتقد البعض أحياناً بان المنتجات لمنظمة ما غير جيده دون محاولة معرفتها وتجربتها.(أي محو الاشاعات الضارة بالمنشأة)
3. تقديم المنشأة الي السوق والمتعاملين وتوضيح أهدافها وأمكانيتها في تحقيق الأشباع المطلوب للمستهلكين.
4. تعريف المشترين المرتقبين بمنتجات المنشأة، عن طريق بناء وتدعيم المعلومات المتاحة لديهم عن سلع وخدمات المنشأة.
5. بناء مفهوم مجموعة السلعة في أذهان المتعاملين.
6. أجتذاب جيل جديد أو فئة معينة من الجمهور للأقبال علي السلعة.
7. إعادة توزيع الحصة النسبية لكل منشأة في السوق لصالح المنشأة.

أنواع الاعلان:-

يمكن تقسيم الاعلان باستخدام عدة اسس ولكن لاغراض هذه الدراسة سنكتفي بتناول أساس الجمهور المستهدف وبناءا على هذا الاساس يصنف الاعلان الي الانواع التالية:[2]

---

[1] طلعت اسعد عبد الحميد ، التسويق الفعال ، مرجع سابق ، ص 494 .
[2] عبد السلام أبوقحف ، أساسيات التسويق ، مرجع سابق ، ص684 .

أ- الأعلان الموجه للمستهلك :ويضم الأنواع التالية :

1. الاعلان العام أو القومي:

وهو الذي يكون موضوعة سلعاً وخدمات علي مستوي الدولة ويكون مستهلكوها في كافة أنحاء البلد. ويستخدم هذا النوع وسائل نشر الأعلانات ذات التوزيع الشامل كالصحف والاذاعة والتلفزيون.

2. الاعلان المحلي:

وهو يتعلق بالسلع والخدمات التي توزع في منطقة محدودة كالإعلان عن المنتجات التي تخص المناطق السياحية أو مناطق صيد الأسماك كالفنادق أو المدارس .

3. الأعلان التعاوني :

يشترك فيه أكثر من منتج أو شركة ويتحملون تكلفته بهدف الترويج لمنتج ما مثال لذلك قيام المنتج بمشاركة تاجر الجملة أو التجزئة في الأعلان عن المنتج وهو أما أن يكون أعلان رأسي أو أعلان أفقي .

وسائل الاعلان:[1]

ان التصميم الجيد للرسالة الأعلانية لا يؤدي مفعوله الا اذا نشر في وسيلة اعلانية مناسبة لمضمون الأعلان فلكل وسيلة خاصية معينة وأمكانية معينة ولها مآخذ ولابد من وضع ذلك في الحسبان عند أختيار الوسيلة الأعلامية وفيما يلي أهم الوسائل المستخدمة في الاعلان:

1- الوسائل المرئية:

وهى الوسائل التى تعتمد النظر في معرفة المعلومات التي تتضمنها الرسالة الاعلانية كالصحف والمجلات والملصقات الجدارية.

2- الوسائل السمعية:

وتعتمد تلك الوسائل علي سماع المضمون ومنها الراديو ومكبرات الصوت والهاتف.

3- الوسائل المرئية والسمعية:

هناك العديد من هذه الوسائل تستخدم للأعلان تعتمد علي النظر والسمع في آن واحد مثل التلفزيون والسينما والأنترنت.

أختيار وسائل الاعلان:

علي المعلن أن يقوم باختيار وسيلة الأعلان التي توصل رسالته الي السوق المستهدفة وهناك مزايا وعيوب محددة لابد للمعلن أن يأخذها في الأعتبار في قرار أختيار الوسيلة الملائمة.

ثانيا: تحديد ميزانية الإعلان:

بعد أن يتم تحديد أهداف الأعلان تأتي خطوة تحديد المخصصات المالية اللازمة لتحقيق هذه الأهداف حيث أن وضع ميزانية للإعلان من أصعب القرارات التسويقية التي تواجه إدارة المنظمة. أن منظمات الأعمال تنفق مبالغ هائلة على الترويج وبشكل متفاوت.[2] ويمكن استخدام أحدي الطرق التالية لتحديد ميزانية الإعلان وهي:

الطريقة الأولى: حسب المقدرة المالية للمنظمة: حيث تحدد المنظمة المبلغ المراد صرفه للإعلان فحسب قدرتها المالية.

الطريقة الثانية: طريقة نسبة من المبيعات. وهنا تحدد نسبة من المبيعات الحالية أو المبيعات المتوقعة لصرفه على الإعلان.

الطريقة الثالثة: على أساس ما ينفقه المنافسون على الإعلان. وهنا نجد أن المنظمات تحدد ميزانيتها الإعلانية وفقا لما يصرفه المنافس على الإعلان

الطريقة الرابعة: طريقة الصرف والمهمة: وهنا يتم تحديد الميزانية الإعلانية وفق عدد من الخطوات التالية:

1. التعريف بالأهداف بشكل وضح.
2. تحديد المهام الواجب القيام بها لتحقيق هذه الأهداف.
3. تقدير تكاليف تحقيق هذه المهام.

وهنا نشير إلى أن المعلن يمكن أن يستخدم أكثر من طريقة من الطرائق السابقة وذلك في مراحل مختلفة او في فترة واحدة وعليه هنا أن يحسب تكلفة ومنفعة كل طريقة من هذه الطرق وربما يتحقق الهدف المنشود من خلال توليفة من هذه الطرق.[1]

ثالثا: تطوير استراتيجية الإعلان:

تشمل استراتيجية الإعلان محورين هامين وهما:

---

[1] فريد كورتل ، الأتصال التسويقي ، كنوز المعرفة ، الجزائر، 2010م ، ص145 .
[2] الطائى ، الأسس العلمية للتسويق، مرجع سابق، ص 317.
[1] الطائي، الأسس العلمية للتسويق، مرجع سابق، ص 319.

1. تكوين الرسائل الإعلانية.
2. اختيار الوسيلة الإعلانية.

ويمكن شرح هذه المحاور كالآتي:

(1) تكوين الرسائل الإعلانية:

إن عملية تكوين الرسائل الإعلانية تكون أسهل إذا قام المعلن بوضع مخطط يمكنه من الإجابة على عدد من الأسئلة مثل:

1. أي الأهداف تريد أن تحقق من الإعلان؟
2. من الناس الذي يشترون المنتج؟ لمن ينبغي أن ينتج منتجاتنا؟ لأي شريحة من المستهلك بالضبط؟
3. ما هي الفكرة التي تريد رسمها في أذهان المستهلكين كي تجعلهم يفكرون أو ينظروا تجاه منتجاتنا وتجاهنا؟

إن الإجابة على مثل هذه الأسئلة يوفر أفكار لتكوين الرسائل الإعلانية.[1]

(2) اختيار الوسائل الإعلانية:

إن على المعلن أن يقوم باختيار وسيلة الإعلان التي توصل رسالته إلى السوق المستهدف مع الأخذ في الاعتبار المزايا والعيوب لكل وسيلة من هذه الوسائل عند اتخاذ قرار الوسيلة الملائمة للإعلان.[2]

رابعاً: تقييم الحملة الاعلانية:

يمكن تعريف الحملة الأعلانية "بأنها تلك الجهود المخطط تنفيذها بصورة مترابطة ومتناسقة للوصول الي قطاعات تسويقية وفئات محددة من العملاء بغرض التأثير عليهم واقناعهم برسالة المنظمة ومنتجاتها"[3]

كذلك تعرف الحملة الأعلانية "بأنها عبارة عن برنامج إعلاني وموجهة الي فئات معينة من المستهلكين الحالين والمرتقبين ويسعي الي تحقيق الأهداف بفعالية من خلال مجموعة من الجهود المخططة والمدروسة وعادة تغطي الحملة الأعلانية فترة زمنية يتم من خلالها التركيز علي عدد من الوسائل أو رسالة واحدة في بعض الأحيان"[4] .

قياس نتائج الأعلان :

لابد أن يهتم المعلنون بقياس ما حققوه من الانفاق علي الأعلان وخاصة أنها يمكن أن تكون أموالاً طائلة- لذا لابد أن نجد قياس نتائج الأعلان وذلك لكي يتم التأكد من الزيادة في مخصصات الأعلان وأنها قد حققت الكثير من النتائج الطيبة وحتي يمكن تحسين فعالية عملية الأعلان وتقدير مستوي الأنفاق علي الأعلان في المستقبل.

وهنا يمكن إجراء أختبار أولي قبل الأنتهاء من تصميم الأعلان وقبل أن يكون معداً للنشر يتضمن هذا الأختبار الأجابة علي الأسئلة الأتية: [1]

1/ هل يشعر المستهلكون أن الأعلان يوصل اليهم شيئاً مرغوباً.

2/ هل للأعلان جاذبية خاصة وهل امكن للمستهلكين إكتشاف خصائص السلعة المميزة عن السلع المنافسة.

3/ هل يصدق المستهلكون الأعلان.

ويمكن أستخدام المقايس التالية لقياس كفاءة الأعلان وهي: [2]

أختبار معلومات المستهلك عن السلعة "قياس الأدراك". تحليل إتجاهات المستهلك. عدد العملاء أو المستهلكين الجدد ونوعهم .

التغير في تكاليف التسويق. الزيادة في الكميات المباعة.حالات تحول المستهلكين عن السلعة أو رفضهم لها وشكاويهم عنها .

كذلك يمكن أستخدام الطرق الأحصائية لقياس فعالية الأعلان كتحليل العلاقة بين الأعلان والمبيعات وملاحظة أذا تغيرت في الفترة القصيرة .

هنالك أيضاً الأسلوب التجريبي والذي يتم بموجبة أستخدام طرق قياس ميدانية لدراسة أثر الأعلان علي المبيعات وذلك بتغير مواقع الاعلان وبأفتراض عدم وجود مؤثرات أخري وهي طريقة يمكن من خلالها تحديد ميزانية الأعلان في كل المواقع وتعطي الأدارة فكرة معقولة عن مدي اثر الاعلان على المبيعات

خطوات وأجراءات الدراسة التطبيقية

يشتمل هذا الجزء على الخطوات والإجراءات التى تم اتباعها في تنفيذ الدراسة الميدانية، ويشمل ذلك تصميم أداة الدراسة، ، وصفاً لمجتمع وعينة الدراسة، وإجراء اختبارات الثبات والصدق لهذه الأداة للتأكد من صلاحيتها والاساليب الإحصائية التي تم بموجبها تحليل البيانات واستخراج النتائج. وذلك على النحو التالى:

---

[1] الطائى ،مرجع سابق، ص 319- 320.

[1] المرجع السابق، ص 320.

[3] مصطفي محمود أبوبكر ، مدخل إستراتيجي وتطبيقي في إدارة التسويق ، مرجع سابق ، ص 243 .

[3] محمد فريد الصحن ، الأعلان ، مرجع سابق ، ص253 - 254 .

[4] محمد سعيد عبد الفتاح ، إدارة التسويق ، مرجع سابق ، ص440 – 441 .

[5] فريد كورتل ، الاتصال التسويقي ، مرجع سابق ، ص 146-150

أ/تصميم أداة الدراسة

تم تصميم استتبانة ولاجراء هذا البحث تتألف من قسمين:

القسم الأول:

وشمل البيانات الخاصة بأفراد عينة الدراسة: وهى البيانات الشخصية المتعلقة بوصف عينة الدراسة وهى:

النوع. العمر.المؤهل العلمىسنوات الخبرة .المسمى الوظيفى.

القسم الثانى:

ويشمل عبارات الدراسة الأساسية: وهى المحاور التى من خلالها يتم التعرف على متغيرات البحث. تتمثل محاور الدراسة فيما يلى:

المحور الأول : قياس اثر الاعلان في جذب المستهلك يتكون من (5) عبارات .

المحور الثاني: قياس اثر معرفة رجال التسويق بمتغيرات المؤثرة على سلوك المستهلك على استراتيجية الاعلان ن من(5)عبارات

المحور الثالث : قياس استراتيجية الاعلان يتكون من (7) عبارات

وقيست درجة الاستجابات المحتملة على الفقرات حسب مقياس ليكرت الخماسى(Likart Scale) ، والذي يتراوح من لاأوافق بشدة إلى أوافق بشدة، كما هو موضح في جدول رقم (2)

جدول رقم (2) مقياس درجة الموافقة

الوزن	درجة الموافقة
5	أوافق بشدة
4	أوافق
3	محايد
2	لاأوافق
1	لاأوافق بشدة

المصدر: اعداد الباحث

وقد تم تصحيح المقياس المستخدم فى الدراسة كالآتي:

-الدرجة الكلية للمقياس هى مجموع درجات المفردة على العبارات (5+4+3+2+1)/ 5.=(5/15) =3)

والأوساط المرجحة لهذه الأوساط كما فى الجدول التالى:

الجدول (3) يوضح الأوزان والأوساط المرجحة لخيارات اجابات أفراد العينة.

جدول رقم (3) الوزن والوسط المرجح لمقياس الدراسة

الخيار	لاأوافق بشدة	لاأوافق	محايد	أوافق	أوافق بشدة
الوزن	1 2	3	4		5
المتوسط المرجح	1– 1.79	1.8 – 2.59	2.6 – 3.39	3.4– 4.19	4.2 – 5

وعليه للوصول إلى نتائج أكثر دقة يتم تصحيح المقياس المستخدم، للتفرقة بين المستويات التالية :

-أكبر من 4 أعلى درجات الموافقة

-من 4 إلى أكبر من 3.5 موافقة إيجابية.

-من 3.5 إلى أكبر من 3 درجة متوسطة من الموافقة (يميل إلى الإيجابية.)

- من 3 إلى أكبر من 2.5 درجة متوسطة من عدم الموافقة (يميل إلى السلبية.)

- من 2.5 إلى أكبر من 2 غير موافق (سلبى)

ب:- تقييم أدوات القياس:

يقصدبها تقييم مدى صدق أو صلاحية أداة القياس أنها قدرة الأداء على قياس ما صممت من أجله وبناء على نظرية القياس الصحيح تعنى الصلاحية التامة خلو الأداة من أخطاء القياس سواء كانت عشوائية أو منتظمة , ولاختبار الصدق احصائيا" يتم استخدام كل من التحليل العاملى التاكيدى لاختبار امكانية تجميع البيانات وتمثيلها بعامل أو عدة عوامل ومن ثم يكون الهدف هو اختبار درجة تمثيل البيانات للهيكل المتوقع. واستخدام اختبار الصدق والثبات (ألفا كرنباخ) لا ختبار الاتساق الداخلى.

وفيما يلى يعرض الباحث نتائج التحليل للمقاييس المستخدمة فى الدراسة:

.(1) اختبار صدق محتوى المقياس

تم أجراء اختبار صدق المحتوى لعبارات المقاييس من خلال تقييم صلاحية المفهوم التى قد ترجع اما الى اختلاف المعانى وفقا" لثقافة المجتمع أو نتيجة لترجمة المقاييس من لغة الى أخرى . وبداية تم عرض عبارات المقاييس على اربعة من المحكمين المختصين فى الدراسة لتحليل مضامين عبارات المقاييس وتحديد مدى التوافق بين عبارات كل مقياس والهدف منه وفقا" لرايهم تم قبول وتعديل بعض عبارات المقاييس حيث كانت هناك عبارات يصعب على المستقصى فهم معانيها . واستمرت عملية اختبار الصدق الظاهرى بعد ذلك حيث تم اختبار المقاييس باستخدام عينة استطلاعية مكونة من خمسون مفردة ,وتم اختبار مدى فهمهم لاسئلة المقاييس . وقد اكدوا فى ضوء فهمهم ضرورة استبعاد بعض العبارات التى سبق أن حددها الخبراء لصعوبة فهمهم لها. وبعد استعادة الاستبيانة من المحكمين تم إجراء التعديلات التي اقترحت عليها، وبذلك تمَّ تصميم الاستبانة في صورتها النهائية .

.(2)اختبار التحليل العاملى التاكيدى

تم استخدام التحليل العاملى للتحقق من أن العبارات التى استخدمت لقياس مفهوما" معينا" تقيس بالفعل هذا المفهوم ولاتقيس ابعاد أخرى ويتميز هذا التحليل بقدرته على توفير مجموعة من المقاييس التى تحدد مدى انطباق البيانات للنموذج الذى تم الكشف عنه واستبعاد اى نماذج أخرى بديلة يمكن أن تفسر العلاقة بين عبارات المقياس بناء على استجابة مفردات عينة الدراسة . وفيما يلى يعرض الباحث نتائج اختبار التحليل العاملى التاكيدى لعبارات الدراسة وذلك على النحو التالى:

المحور الاول قياس اثر الاعلان على سلوك المستهلك

جدول رقم (4) نتائج التحليل العاملى التاكيدى للمحور الرابع (الاعلان)

العبارات	التباين المشترك
1-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الصحف والمجلات لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.423
2-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الاذاعة لجذب المستهلك	0.567
3-تقوم الشركة بالاعلان عن منتجاتها من خلال التلفزيون لجذب المستهلك	0.543
4-يسهم الاعلان عن منتجات الشركة بشكل كبير فى زيادة مبيعات الشركة	0.654
5-تقوم الشركة بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها	0.576

المصدر : إعداد الباحث.

من الجدول أعلاه يتضح ارتفاع اوزان العوامل حيث نجد أن جميع القيم تزيد عن الحد الادنى المقبول (0.30) الامر الذى يشير الى امكانية الاعتماد على تلك المقاييس لقياس متغير الاعلان.

المحور الثاني : - قياس اثر معرفة مسئولى التسويق بالمتغيرات المؤثرة على سلوك المسهلك

جدول رقم (5) نتائج التحليل العاملى لمقياس المحور الثاني

العبارات	التباين المشترك
1-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات والاحصائيات والمعلومات عن المستهلكين عند وضع وصياغة استراتيجية الاعلان .	0.423
2-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بوضع استراتيجياتهم الاعلانية بناءًاعلى تفهمهم الكامل لسلوك المستهلك وخصائصه واحتياجاته.	0.567
3-يهتم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلك عند وضع استراتيجية الاعلان	0.543
4-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلكين لتصميم الموقع التنافسى المناسب لمنتجات الشركة من خلال وضع استراتيجية الاعلان.	0.654
5-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بالاستفادة من التقنية الحديثة للمعلومات (كالانترنت مثلًا) لوضع استراتيجية الاعلان.	0.576

من الجدول أعلاه يتضح ارتفاع اوزان العوامل حيث نجد أن جميع القيم تزيد عن الحد الادنى المقبول (0.30) الامر الذى يشير الى امكانية الاعتماد على تلك المقاييس لقياس متغير اثر معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك على استراتيجية الاعلان

المحور الثالث : قياس استراتيجية الاعلان

حدول رقم (6) نتائج التحليل العاملى التاكيدى للمحور الخامس الفر التسويقية المتاحة امام الشركة

العبارات	التباين المشترك
1-تسعى الشركة بأن تكون اعلاناتها مميزة ومبتكرة	0.567
2-تحرص الشركة على أن تكون جودة اعلاناتها أعلى من جودة اعلانات المنافسين	0.657
3-تقوم الشركة معرفتها بحاجات المستهلكين في تصميم الاعلانات التى تشبع هذة الحاجات	0.678
4-تقوم الشركة بتطوير اعلاناتها الحالية لتواكب التطورات التكنولوجية	0.789
5-تقوم الشركة بتعديل وتطوير اعلاناتها لتواكب التغير فى أزواق وحاجات المستهلكين	0.456
6-تقوم الشركة باستخدام السعر للاعلان عن منتجاتها	0.765
7-تستخدم الشركة أساليب اعلانية جديدة ومتطورة مقارنه مع منافسيها	0.678

المصدر : إعداد الباحث.

من الجدول أعلاه يتضح ارتفاع اوزان العوامل حيث نجد أن جميع القيم تزيد عن الحد الادنى المقبول (0.30) الامر الذى يشير الى امكانية الاعتماد على تلك العبارات لقياس متغير استراتيجية الاعلان

اختبار الاتساق والثبات الداخلى للمقاييس المستخدمة فى الدراسة:

يقصد بالثبات (استقرار المقياس وعدم تناقضه مع نفسه، أي أن المقياس يعطي نفس النتائج باحتمال مساو لقيمة المعامل إذا أُعيد تطبيقه على نفس العينة)[1]. وبالتالى فهو يؤدى الى الحصول على نفس النتائج أو نتائج متوافقة فى كل مرة يتم فيها اعادة القياس. وكلما زادت درجة الثبات واستقرار الاداة كلما زادت الثقة فيه, وهناك عدة طرق للتحقق من ثبات المقياس منها طريقة التجزئة النصفية وطريقة الفأ كرنباخ للتأكد من الاتساق الداخلى للمقاييس, وقد تم استخدام معامل الفا كرونباخ" (Cronbach,s Alpha)، والذي يأخذ قيماً تتراوح بين الصفر والواحد صحيح، فإذا لم يكن هناك ثبات في البيانات فإن قيمة المعامل تكون مساويةً للصفر، وعلى العكس إذا كان هناك ثبات تام في البيانات فإن قيمة المعامل تساوي الواحد صحيح. أي أن زيادة معامل الفا كرونباخ تعني زيادة مصداقية البيانات من عكس نتائج العينة على مجتمع الدراسة. كما أن انخفاض القيمة عن (0.60) دليل على انخفاض الثبات الداخلى.

وفيما يلي توضيح قيم معامل ألفا كرنباخ لمفاهيم الدراسة:

اولا": اختبار الثبات والاتساق الداخلى

المحور الاول : الاعلان

حدول رقم (7) نتائج الفأكرنباخ لمقياس متغير المحور الرابع(الاعلان)

العبارات	الفأ كرنباخ
1-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الصحف والمجلات لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.72
2-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الاذاعة	0.72
3-تقوم الشركة بالاعلان عن منتجاتها من خلال التلفزيون	0.72
4-يسهم الاعلان عن منتجات الشركة بشكل كبير فى زيادة مبيعات الشركة	0.72
5-تقوم الشركة بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها	0.72
اجمالى العبارات	0.74

المصدر : إعداد الباحث

من الجدول (7) نتائج اختبار الثبات أن قيم الفأ كرنباخ لجميع عبارات متغير الاعلان اكبر من (60%) وتعنى هذة القيم توافر درجة عالية جدا" من الثبات الداخلى لجميع العبارات سواء كان ذلك لكل عبارة على حدا او على مستوى جميع عبارات المقياس حيث بلغت قيمة الفأ كرنباخ للمقياس الكلى (0.74) وهو ثبات مرتفع ومن ثم يمكن القول بان المقاييس التى اعتمدت عليها الدراسة لقياس متغير الاعلان تتمتع بالثبات الداخلى لعباراتها مما يمكننا من الاعتماد على هذه الاجابات فى تحقيق اهداف الدراسة وتحليل نتائجها

[1] عز عبد الفتاح، مقدمة في الإحصاء الوصفي والاستدلالي باستخدام SPSS ، ص 560. 0.84

المحور الثاني:-معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك واثرها على الفرص التسويقية

جدول رقم (8) نتائج الفأكرنباخ لمقياس متغير المحور الثاني(معرفة مسئولى التسويق بالمتغيرات السلوكية للمستهلك واثرها على استراتيجية الاعلان

العبارات	الفا كرنباخ
1-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات والاحصائيات والمعلومات عن المستهلكين للتعرف على العوامل المؤثرة على سلوكهم.	0.72
2-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بوضع استراتيجياتهم التسويقية بناءًاعلى تفهمهم الكامل لسلوك المستهلك وخصائصه واحتياجاته.	0.72
3-يهتم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلك لتحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى حاجات وخصائص المستهلكين.	0.72
4-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلكين لتصميم الموقع التنافسى المناسب لمنتجات الشركة.	0.72
5-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بالاستفادة من التقنية الحديثة للمعلومات (كالانترنت مثلًا) لزيادة معرفتهم بمستهلكيهم وخصائصهم السلوكية.	0.72
اجمالى العبارات	0.74

المصدر : إعداد الباحث

من الجدول (8) نتائج اختبار الثبات أن قيم الفأ كرنباخ لجميع عبارات متغير معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك اكبر من (60%) وتعنى هذة القيم توافر درجة عالية جدا" من الثبات الداخلى لجميع العبارات سواء كان ذلك لكل عبارة على حدا او على مستوى جميع عبارات المقياس حيث بلغت قيمة الفأ كرنباخ للمقياس الكلى (0.74) وهو ثبات مرتفع ومن ثم يمكن القول بان المقاييس التى اعتمدت عليها الدراسة لقياس متغير معرفة مسئولى التسويق بالمتغيرات السلوكية للمستهلك تتمتع بالثبات الداخلى لعباراتها مما يمكننا من الاعتماد على هذه الاجابات فى تحقيق اهداف الدراسة وتحليل نتائجها

المحور الثالث: استراتيجية الاعلان

جدول رقم (9) نتائج الفأ كرنباخ لمقياس متغير الفر التسويقية

العبارات	الفأ كرنباخ
1-تسعى الشركة بأن اعلاناتها مميزة ومبتكرة	0.85
2- تحرص الشركة على أن تكون جودة منتجاتها أعلى من جودة منتجات المنافسين	0.83
3-تستخدم الشركة معرفتها بحاجات المستهلكين عند تصميم الاعلانات	0.83
4-تقوم الشركة بتطوير اعلاناتها الحالية لتواكب التطورات التكنولوجية فى سوق منتجاتها	0.83
5-تقوم الشركة بتعديل وتطوير اعلاناتها لتواكب التغير فى أزواق وحاجات المستهلكين	0.83
6- تركز الشركة في اعلاناتها على عنصر السعر	0.83
7-تستخدم الشركة أساليب اعلانات جديدة ومتطورة مقارنه مع منافسيها	0.83
اجمالى العبارات	0.85

المصدر : إعداد الباحث.

من الجدول (9) نتائج اختبار الثبات أن قيم الفأ كرنباخ لجميع عبارات متغير استراتيجية الاعلان اكبر من (60%) وتعنى هذة القيم توافر درجة عالية جدا" من الثبات الداخلى لجميع العبارات سواء كان ذلك لكل عبارة على حدا او على مستوى جميع عبارات المقياس حيث بلغت قيمة الفأ كرنباخ للمقياس الكلى (0.85) وهو ثبات مرتفع ومن ثم يمكن القول بان المقاييس التى اعتمدت عليها الدراسة لقياس متغير استراتيجية الاعلان تتمتع بالثبات الداخلى لعباراتها مما يمكننا من الاعتماد على هذه الاجابات فى تحقيق اهداف الدراسة وتحليل نتائجها

ج:- مجتمع وعينة الدراسة:

يقصد بمجتمع الدراسة المجموعة الكلية من العناصر التى يسعى الباحث أن يعمم عليها النتائج ذات العلاقة بالمشكلة المدروسة , ويتكون المجتمع الأساسي للدراسة من عينة ممثلة للاداريين والموظفين العاملين بقسم التسويق وقسم المبيعات بشركة الكوكا كولا لصناعة المشروبات الغازية بالسودان.

فقد تمَّ اجراء مسح شامل للاداريين والموظفين والعاملين بادارتى التسويق والمبيعات للحصول على أراء أو معلومات من مفردات المجتمع البالغة(200)مفردة . حيث تم توزيع عدد (200) إستبانة وتم استرجاع (163) استبانة سليمة تم استخدامها في التحليل بنسبة استرجاع بلغت (81.5)%. بيانها كالآتي:

جدول (10) الاستبانات الموزعة والمعادة

البيان	العدد	النسبة
استبانات تم إعادتها بعد تعبئتها كاملة	163	%81.5
استبانات لم يتم إعادتها	37	%18.5
إجمالي الاستبانات الموزعة	200	%100

المصدر : إعداد الباحث.

من الجدول أعلاه يتضح أن معدل الاستجابة بلغ 100% .

د:-خصائص عينة الدراسة

وللخروج بنتائج موضوعية ودقيقة قدر الامكان حرص الباحث على أن تكون العينة ممثلة لمجتمع الدراسة بكل تفاصيلة وذلك من حيث شمولها على الخصائص التالية :

توزيع افراد العينة حسب النوع

جدول رقم(11) التوزيع التكرارى لافراد العينة وفق متغير النوع

النوع	العدد	النسبة%
ذكر	137	84
انثى	26	16
المجموع	163	100

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان.

يتضح من الجدو(11) أن غالبية افراد العينة المبحوثة من الذكور حيث بلغت نسبتهم (84) % من افراد العينة الكلية بينما بلغت نسبة الاناث فى العينة (16) % فقط من اجمالى العينة .

توزيع افراد العينة حسب العمر

جدول رقم(12) التوزيع التكرارى لافراد العينة وفق متغير العمر

العمر	العدد	النسبة%
أقل من 20 سنة	2	1.2
30-20 سنة	28	17.2
40-30 سنة	93	57.1
50-40 سنة	33	20.2
50 سنة فأكثر	7	4.3
المجموع	163	100

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان.

يتضح من الجدول(12) أن غالبية افراد العينة من تتراوح اعمارهم ما بين (30-40) سنة حيث بلغت نسبتهم (57.1) % من افراد العينة الكلية بينما بلغت نسبة الذين تتراوح أعمارهم ما بين (40-50) سنة (20.2) % اما أفراد العينة والذين تزيد اعمارهم عن 50 سنة فقد بلغت نسبتهم (4.3) % من اجمالى العينة المبحوثة.

3/ توزيع افراد العينة حسب المؤهل العلمي

جدول رقم (13) التوزيع التكرارى لافراد عينة الدراسة وفق متغير المؤهل العلمى.

المؤهل العلمى	العدد	النسبة %
دون الثانوى	0	0
ثانوى	31	19
جامعى	114	69.9
فوق الجامعى	8	11.1
المجموع	163	100

المصدر : اعداد الباحث

من نتائج الاستبيان يتضح من الجدول رقم (13) أن غالبية افراد العينة من المستوى التعليمى الجامعى(البكالريوس) حيث بلغت نسبتهم (69.9) % من افراد العينة بينما بلغت نسبة حملة التعليم فوق الجامعى(ماجستير, دكتوراة) فى العينة (11.1) % . اما المستوى التعليمى الثانوى ودون الثانوى فقد بلغت نسبتهم (19)%. من اجمالى العينة المبحوثة.

4.توزيع افراد العينة حسب سنوات الخبرة

جدول رقم(14) التوزيع التكرارى لافراد العينة وفق متغير سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	العدد	النسبة%
أقل من 5 سنوات	35	21.5
5-10 سنة	62	38
10-15 سنة	50	30.7
اكثر من 15 سنة	16	9.8
المجموع	163	100

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان.

يتضح من الجدول(14) أن غالبية افراد العينة تتراوح سنوات خبرتهم ما بين (5-10) سنة حيث بلغت نسبتهم (38) % من افراد العينة الكلية بينما بلغت نسبة الذين تتراوح سنوات خبرتهم ما بين(10-15) سنة (30.7) % اما أفراد العينة والذين تزيد سنوات خبرتهم عن 15 سنة فقد بلغت نسبتهم (9.8) % من اجمالى العينة المبحوثة.

5/ توزيع افراد العينة حسب الوظيفة

جدول رقم(15) التوزيع التكرارى لافراد العينة وفق متغير الوظيفة

الوظيفة	العدد	النسبة%
ادارى	22	13.5
موظف بقسم التسويق	58	35.6
موظف بقسم المبيعات	83	50.9
المجموع	163	100

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان.

يتضح من الجدول رقم(12) أن غالبية افراد العينة المبحوثة من الموظفين بقسم المبيعات حيث بلغت نسبتهم (50.9) % بينما بلغت نسبة الموظفين بقسم التسويق فى العينة (35.6) % أما الاداريين فقد بلغت نسبتهم (13.5)%من اجمالى العينة.

تم ترميز أسئلة الاستبانة ومن ثمَّ تفريغ البيانات التى تمَّ جمعها باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) Statistical Package for "Social Sciences" ومن ثمَّ تحليلها من حلال مجموعة من الأساليب الاحصائية المناسبة لطبيعة البيانات ونوع متغيرات الدراسة، لتحقيق أهداف البحث واختبار فروض الدراسة، ولقد تمَّ استخدام الأدوات الاحصائية التالية:

(1)/ إجراء اختبار الثبات (Reliability Test) لأسئلة الاستبانة المكونة من جميع البيانات باستخدام " كل من:

أ/اختبار التحليل العاملى التأكيدى.

للتحقق من أن العبارات التى استخدمت لقياس مفهوما" معينا" تقيس بالفعل هذا المفهوم ولاتقيس ابعاد أخرى ويتميز هذا التحليل بقدرته على توفير مجموعة من المقاييس التى تحدد مدى انطباق البيانات للنموذج الذى تم الكشف عنه واستبعاد اى نماذج أخرى بديلة يمكن أن تفسر العلاقة بين عبارات المقياس بناء على استجابة مفردات عينة الدراسة.

د:-اسلوب التحليل الإحصائي المستخدم في الدراسة

ب/معامل الفا كرونباخ" (Cronbach's Alpha). وتم استخدامة لقياس الاتساق الداخلى لعبارات الدراسة للتحقق من صدق الأداء .

(2)/ أساليب الإحصاء الوصفي: وذلك لوصف خصائص مفردات عينة الدراسة من خلال :

أ/ التوزيع التكرارى لعبارات فقرات الاستبانة

وذلك للتعرف على الاتجاه العام لمفردات العينة بالنسبة لكل متغير على حدى، ب/الانحراف المعياري

لتحديد مقدار التشتت فى إجابات المبحوثين لكل عبارة عن المتوسط الحسابى.

(3)-اسلوب (الانحدار)

وتم استخدام هدا الاختبار لاختبار الدلالة الاحصائية لفروض الدراسة عند مستوى معنوية 5% ويعنى دلك انة اذا كانت قيمة (t) المحسوبة عند مستوى معنوية اقل من 5% يرفض فرض العدم ويكون الفرض البديل (وجود علاقة ذات دلالة احصائية). اما اذا كانت قيمة (t) عند مستوى معنوية اكبر من 5% فدلك معناه قبول فرض العدم وبالتالى وجود علاقة ذات دلالة احصائية .

عرض وتحليل البيانات:

يشتمل هذا الجزءمن البحث على تحليل البيانات الاساسية للدراسة للتمكن من مناقشة فروض البحث وذلك وفقا" للخطوات التالية:

1/التوزيع التكرارى لاجابات الوحدات المبحوثة على عبارات الدراسة

وذلك من خلال تلخيص البيانات فى جداول والتى توضح قيم كل متغير لتوضيح أهم المميزات الاساسية للعينة فى شكل ارقام ونسب مئوية لعبارات الدراسة

2/ التحليل الاحصائى لعبارات الدراسة

وذلك من خلال تقدير المتوسط والانحراف المعيارى لجميع محاور الدراسة لمعرفة اتجاه عينة الدراسة وترتيب العبارات حسب اهميتها النسبية.

تحليل بيانات المحور الاول:- قياس أثر الاعلان

أولا" التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس اثر الاعلان في جذب المستهلك

جدول رقم (16) يوضح التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس الاعلان

العبارة	أوافق بشدة		أوافق		محايد		لا اوافق		لا اوافق بشدة	
	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة
1-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الصحف والمجلات لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	101	62	50	30.7	8	4.9	4	2.5	0	0
2-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال لجذب المستهلك لشراء منتجاتها الاذاعة	92	56.4	52	31.9	13	8	3	1.8	3	1.8
3-تقوم الشركة بالاعلان عن منتجاتها من خلال التلفزيون لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	115	70.6	40	24.5	7	4.3	1	0.6	0	0
4-يسهم الاعلان عن منتجات الشركة بشكل كبير فى زيادة مبيعات الشركة	119	73	35	21.5	6	3.7	3	1.8	0	0
5-تقوم الشركة بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها	120	73.6	36	22.1	7	4.3	0	0	0	0
مجموع العبارات	547	67.1	213	26.1	41	5	11	1.3	3	0.4

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان

يتضح من الجدول رقم (16) ما يلى:

1. (تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الاذاعة) حيث بلغ متوسط العبارة (0.4)أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بالأعلان عن منتجاتها من خلال الصحف والمجلات لجذب المستهلك لشراء منتجاتها حيث بلغت نسبتهم (92.7) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (2.5) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.9) %.

2.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بالأعلان عن منتجاتها من خلال الاذاعة حيث بلغت نسبتهم (88.3) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (3.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (8) %.

3. أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بالاعلان عن منتجاتها من خلال التلفزيون حيث بلغت نسبتهم (95.1) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.3) %.

4.أن غالبية افراد العينة يوافقون على ان الاعلان يسهم عن منتجات الشركة بشكل كبير فى زيادة مبيعات الشركة حيث بلغت نسبتهم (94.5) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (1.8) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (3.7) %.

5.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها حيث بلغت نسبتهم (95.7) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.3) %.

6.أن غالبية افراد العينة يوافقون على جميع عبارات محور (الاعلان) حيث بلغت نسبتهم (93.2) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (1.7) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (5) %.

ثانيا"/التحليل الاحصائى الوصفى للعبارات التى تقيس الاعلان

فيما يلي جدول يوضح الموسط والانحراف المعياري والأهمية النسبية لعبارات المقياس وترتيبها وفقا" لإجابات المستقصى منهم .

جدول رقم (17) الإحصاء الوصفي لقياس أثر الاعلان

العبارات	الانحراف المعياري	المتوسط	الدلالة	الترتيب
1-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الصحف والمجلات لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.705	4.52	أوافق بشدة	4
2-تقوم الشركة بالأعلان عن منتجاتها من خلال الاذاعة لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.856	4.39	أوافق بشدة	5
3-تقوم الشركة بالاعلان عن منتجاتها من خلال التلفزيون لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.593	4.65	أوافق بشدة	3
4-يسهم الاعلان عن منتجات الشركة بشكل كبير فى زيادة مبيعات الشركة وجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.641	4.66	أوافق بشدة	2
5-تقوم الشركة بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها لجذب المستهلك لشراء منتجاتها	0.548	4.69	أوافق بشدة	1
الاجمالى	0.668	4.58	أوافق بشدة	

المصدر: اعداد الباحث من نتائج التحليل

يتضح من الجدول رقم (17) ما يلى:

1/أن جميع العبارات التي تقيس عبارات محور (الاعلان) يزيد متوسطها عن الوسط الفرضي (3) وهذه النتيجة تدل على موافقة أفراد العينة على جميع عبارات الاعلان.

2/ أهم عبارة من عبارات محور الاعلان هى العبارة (تقوم الشركة بأستخدام اللافتات المضئية واللوحات المنتشرة فى الشوارع للاعلان عن منتجاتها) حيث بلغ متوسط إجابات أفراد العينة على العبارة (4.69) وبأنحراف معيارى (0.548) . وأقل عبارة من حيث الموافقة هي العبارة(تقوم الشركة بالاعلان عن منتجاتها عن طريق الاذاعة) حيث بلغ متوسط العبارة (4.39).

3/ كما بلغ متوسط جميع العبارات (4.58) وهذا يدل على أن غالبية أفراد العينة يوافقون على جميع عبارات محور الاعلان

تحليل بيانات المحور الثاني :قياس اثر معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك على استراتيجية الاعلان

التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك واثرها على استرايجية الاعلان

جدول رقم (18) يوضح التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك واثرها على استرايجية الاعلان

العبارة	أوافق بشدة		أوافق		محايد		لا اوافق		لا اوافق بشدة	
	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة
1-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات والاحصائيات والمعلومات عن المستهلكين للتعرف على العوامل المؤثرة على سلوكهم.	101	62	50	30.7	8	4.9	4	2.5	0	0
2-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بوضع استراتيجياتهم التسويقية بناءًاعلى تفهمهم الكامل لسلوك المستهلك وخصائصه واحتياجاته.	92	56.4	52	31.9	13	8	3	1.8	3	1.8
3-يهتم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلك لتحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى حاجات وخصائص المستهلكين.	115	70.6	40	24.5	7	4.3	1	0.6	0	0
4-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلكين لتصميم الموقع التنافسى المناسب لمنتجات الشركة.	119	73	35	21.5	6	3.7	3	1.8	0	0
5-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بالاستفادة من التقنية الحديثة للمعلومات (كالانترنت مثلًا) لزيادة معرفتهم بمستهلكيهم وخصائصهم السلوكية.	120	73.6	36	22.1	7	4.3	0	0	0	0
مجموع العبارات	547	67.1	213	26.1	41	5	11	1.3	3	0.4

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان

يتضح من الجدول رقم (18) ما يلي:

1_ ان غالبية افراد العينة يوافقون على ان(مسئولى التسويق يقومون بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات والمعلومات وخصائصه) حيث بلغت نسبتهم (92.7) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (2.5) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.9) %.

2.أن غالبية افراد العينة يوافقون على ان (مسئولى التسويق يقومون بوضع استراتيجياتهم التسويقية بناءًا على تفهمهم الكامل للمستهلك واحتياجاته ورغباته وخصائصه)حيث بلغت نسبتهم (88.3) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (3.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (8) %.

3. أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن مسئولى التسويق يقومون بدراسة سلوك المستهلك لتحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى حاجاته وخصائصه حيث بلغت نسبتهم (95.1) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.3) %.

4.أن غالبية افراد العينة يوافقون على ان مسئولى التسويق يقومون بدراسة سلوك المستهلك لتصميم استراتيجية الاعلان المناسبة لمنتجات الشركة حيث بلغت نسبتهم (94.5) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (1.8) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (3.7) %.

5.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن مسئولى التسويق يقومون بالاستفادة من التقنية الحديثة للمعلومات لزيادة معرفتهم بالمستهلكين وخصائصهم السلوكية وتصميم الاعلانات حيث بلغت نسبتهم (95.7) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.3) %.

6.أن غالبية افراد العينة يوافقون على جميع عبارات محور(معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك واثرها على استراتيجية الاعلان) حيث بلغت نسبتهم (93.2) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (1.7) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (5) %.

ثانيا"/التحليل الاحصائى الوصفى للعبارات التى تقيس اثر معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك على استراتيجية الاعلان

فيما يلي جدول يوضح المتوسط والانحراف المعياري والأهمية النسبية لعبارات المقياس وترتيبها وفقا" لإجابات المستقصى منهم .

جدول رقم (19) الإحصاء الوصفي لقياس أثر معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك في وضع استراتيجية الاعلان

العبارات	الانحراف المعياري	المتوسط	الدلالة	الترتيب
1-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات والاحصائيات والمعلومات عن المستهلكين للتعرف على العوامل المؤثرة على سلوكهم.	0.705	4.52	أوافق بشدة	4
2-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بوضع استراتيجياتهم التسويقية بناءًاعلى تفهمهم الكامل لسلوك المستهلك وخصائصه واحتياجاته.	0.856	4.39	أوافق بشدة	5
3-يهتم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلك لتحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى حاجات وخصائص المستهلكين.	0.593	4.65	أوافق بشدة	3
4-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بدراسة سلوك المستهلكين لتصميم الموقع التنافسى المناسب لمنتجات الشركة.	0.641	4.66	أوافق بشدة	2
5-يقوم مسئولى التسويق بالشركة بالاستفادة من التقنية الحديثة للمعلومات (كالانترنت مثلًا) لزيادة معرفتهم بمستهلكيهم وخصائصهم السلوكية وتصميم الاعلانات .	0.548	4.69	أوافق بشدة	1
اجمالى العبارات	0.668	4.58	أوافق بشدة	

المصدر: اعداد الباحث من نتائج التحليل

يتضح من الجدول رقم (19) ما يلى:

1/أن جميع العبارات التي تقيس عبارات محور (معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك) يزيد متوسطها عن الوسط الفرضي (3) وهذه النتيجة تدل على موافقة أفراد العينة على جميع عبارات معرفة مسئولى التسويق بالخصائص السلوكية للمستهلك

2/ أهم عبارة من عبارات محورمعرفة مسئولى التسويق العبارة (يقوم مسئولى التسويق بالشركة بالاستفادة من التقنيات الحديثة للمعلومات كالانترنت مثلًا لزيادة معرفتهم بالمستهلكين) حيث بلغ متوسط إجابات أفراد العينة على العبارة (4.69) وبأنحراف معيارى (0.548) . وأقل عبارة من حيث الموافقة هي العبارة (يقوم مسئولى التسويق بوضع استراتيجياتهم الاعلانية بناءًا على تفهمهم الكامل للمستهلك ولحاجاته ورغباته وخصائصه) حيث بلغ متوسط اجابات افراد العينة(4.39) وبانحراف معيارى(0.856.)

3/ كما بلغ متوسط جميع العبارات (4.58) وهذا يدل على أن غالبية أفراد العينة يوافقون على جميع عب تحليل بيانات المحور الرابع :

قياس المحور الثالث استراتيجية الاعلان

أولا" التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس اتارتيجية الاعلان

جدول رقم (20) يوضح التوذيع التكرارى للعبارات التى تقيس الفر المتاحة أمام الشركة

العبارة	أوافق بشدة		أوافق		محايد		لا اوافق		لا اوافق بشدة	
	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة	عدد	نسبة
1-تسعى الشركة بأن تكون اعلاناتها مميزة ومبتكرة لجذب المستهلك	118	72.4	38	23.3	7	4.3	0	0	0	0
2-تحرص الشركة على أن تكون جودة اعلاناتها أعلى من جودة منتجات المنافسين	121	74.2	36	22.1	5	3.1	1	0.6	0	0
3-تركز الشركة على استخدام معرفتها لحاجات المستهلكين وتصميم اعلاناتها بناءا على هذة الحاجات	83	50.9	61	37.4	14	8.6	5	3.1	0	0
4-تقوم الشركة بتطوير اعلاناتهاالحالية لتواكب التطورات التكنولوجية	105	64.4	49	30.1	8	4.9	1	0.6	0	0
5-تقوم الشركة بتعديل وتطوير اعلاناتها لتواكب التغير فى أزواق وحاجات المستهلكين	97	59.5	52	31.9	11	6.7	2	1.2	1	0.6
6-تركز الشركة على السعر عند الاعلان عن منتجاتها	56	34.4	34	20.9	32	19.6	26	16	15	9.2
7-تستخدم الشركة أساليب اعلانية جديدة ومتطورة مقارنه مع منافسيها	112	68.7	40	24.5	11	6.7	0	0	0	0
مجموع العبارات	1349	63.7	566	26.7	144	6.8	43	2	17	0.8

المصدر: اعداد الباحث من نتائج الاستبيان

يتضح من الجدول رقم (20) ما يلى:

1.أن غالبية افراد العينة يوافقون على ان الشركة تسعى بأن تكون منتجاتها مميزة ومبتكرة حيث بلغت نسبتهم (95.7) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.3) %.

2.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن حرص الشركة تمكنها على أن تكون جودة اعلاناتهاعلى من جودة اعلانات المنافسين حيث بلغت نسبتهم (96.3) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (3.1) %.

3. أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بمعرفة حاجات المستهلكين وتصميم الاعلانات حيث بلغت نسبتهم (88.3) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (3.1) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (8.6) %.

4.أن غالبية افراد العينة يوافقون على ان الشركة تقوم بتطوير اعلاناتها الحالية لتواكب التطورات التكنولوجية فى السوق حيث بلغت نسبتهم (94.5) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (0.6) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (4.9) %.

5.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم بتعديل وتطوير اعلاناتها لتواكب التغير فى أزواق وحاجات المستهلكين حيث بلغت نسبتهم (91.4) % بينما بلغت نسبة غير الموافقون على ذلك (1.8) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (6.7) %.

6.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تقوم باتركيز على السعر عند الاعلان عن منتجاتها حيث بلغت نسبتهم (55.3) % بينما بلغت نسبة غيرالموافقون على ذلك (25.2) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (19.6) %.

7.أن غالبية افراد العينة يوافقون على أن الشركة تستخدم أساليب ترويجية جديدة ومتطورة مقارنه مع منافسيها حيث بلغت نسبتهم (93.2) % بينما بلغت نسبة غيرالموافقون على ذلك (0) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (6.7) %.

8.أن غالبية افراد العينة يوافقون على جميع عبارات محور(استراتيجية الاعلان)حيث بلغت نسبتهم (90.4) % بينما بلغت نسبة غيرالموافقون على ذلك (2.8) %. اما افراد العينة والذين لم يبدوا اجابات محددة فقد بلغت نسبتهم (6.8) %.

ثانيا"/التحليل الاحصائى الوصفى للعبارات التى تقيس استراتيجية الاعلان

فيما يلي جدول يوضح الموسط والانحراف المعياري والأهمية النسبية لعبارات المقياس وترتيبها وفقا" لإجابات المستقصى منهم .

جدول رقم (21) الإحصاء الوصفي لقياس أثرالمعرفة بالمتغيرات السلوكية على استراتيجية الاعلان

العبارات	الانحراف المعياري	المتوسط	الدلالة	الترتيب
1-تسعى الشركة بأن تكون اعلاناتها مميزة ومبتكرة من وجهة نظر المستهلك	0.552	4.68	أوافق بشدة	4
2-تركز الشركة على أن تكون جودة اعلاناتها أعلى من جودة اعلانات المنافسين وذلك حتى تجذب المستهلك	0.557	4.69	أوافق بشدة	3
3-تقوم الشركة بمعرفة حاجات المستهلكين وتصميم اعلانات تشبع هذه الحاجات	0.768	4.36	أوافق بشدة	12
4-تقوم الشركة بتطوير اعلاناتها الحالية لتواكب التطورات التكنولوجية	0.616	4.58	أوافق بشدة	8
5-تقوم الشركة بتعديل وتطوير اعلاناتها لتواكب التغير فى أزواق وحاجات المستهلكين	0.731	4.48	أوافق بشدة	11
6-تقوم الشركة بالتركيز على عنصر السعر عند الاعلان عن منتجاتها	0.347	3.55	أوافق	9
7-تستخدم الشركة أساليب اعلانية جديدة ومتطورة مقارنه مع منافسيها	0.610	4.62	أوافق بشدة	7
الإجمالي	0.612	4.84	أوافق بشدة	

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل

يتضح من الجدول رقم (21) ما يلي :

1/ أن جميع العبارات التي تعبر عن عبارات محور (اثر المعرفة بالمتغيرات السلوكية على استراتيجية الاعلان) يزيد متوسطها عن الوسط الفرضي (3) وهذه النتيجة تدل على موافقة أفراد العينة على جميع عبارات المحور أثر الفرص التسويقية المتاحة أمام الشركة.

2/ كما بلغ متوسط جميع العبارات (4.84) وهذا يدل على أن غالبية إفراد العينة يوافقون على جميع عبارات استراتيجية الاعلان .

النتائج:-

ومن خلال هذه الدراسة، يمكن التوصل إلى ما يلي:

1/ يسهم التقدم التكنولوجي في مجال المعلومات في إتاحة العديد من الفرص أمام منظمات الأعمال، حيث يساعد في تقديم منتجات جديدة واختراق أسواق جديدة .

2إن الفرص التسويقية يمكن أن تكون من خلال التميز في جميع عناصر المزيج التسويقي المختلفة (المنتج، الترويج، التسعير، التوزيع .(

3 /إن المعرفة الجيدة بالخصائص السلوكية للمستهلك تسهم في وضع إستراتيجيات تسويقية وترويجية تحقق من خلالها منظمات الأعمال مزايا تنافسية هائلة.

وقد خرجت هذه الدراسة بالعديد من التوصيات أهمها :

1 ضرورة الاهتمام ببحوث التسويق وخاصة بحوث الإعلان وبحوث المستهلكين وإنشاء إدارات متخصصة فى هذا المجال داخل منظمات الأعمال .

2تدريب مدراء التسويق بمنظمات الأعمال بهدف زيادة معرفتهم بالعوامل المؤثرة على سلوك المستهلك والسوق ومدهم بالطرق والأساليب الحديثة التي يمكن استخدامها فى هذا المجال.

3/ضرورة التوجه نحو التسويق الإلكتروني والاستفادة من المزايا والفرص التي يمكن أن يتيحها هذا الأمر.

4 لابد من الاهتمام ببحوث دوافع الشراء وضرورة استخدام خبراء علم النفس للقيام بهذه البحوث والاستفادة من تجاربهم وخبراتهم في التعرف على هذه الدوافع .

5/ توجيه نظر منظمات الأعمال نحو أهمية البحوث والتطوير التي يمكن أن تشمل جميع متغيرات المزيج التسويقي خاتمة:

اتمنى ان اكون قد وفقت في تحقيق اهداف هذا البحث وان يشكل اضاءة في طريق وضع استراتيجيات تسويقية وترويجية ناجحة تتوافق المستهلك

المراجع العربية

1. احمد جبر،التسويق، مكتبة الجلاء، المنصورة ، 1984م
2. أسماعيل محمد السيد، الاعلان، المكتب العربي الحديث، الاسكندرية ، (ب. ت) .
3. أيمن علي عمر، قراءات في سلوك المستهلك ، الدار الجامعية ، مصر(ب.ت) .
4. ثامر البكري، التسويق أسس ومفاهيم معاصرة، دار اليازوردي، عمان، 2006م .
5. حميد الطائي وأخرون، الاسس العلمية للتسويق الحديث، دار اليازوردي، عمان، 2006م
6. طلعت اسعد عبد الحميد، التسويق الابتكاري، الطريق الي الربح المتوازن في كل العصور، الفجر، القاهرة، 2010م

7. طلعت اسعد عبد الحميد ، التسويق الفعال الاساسيات والتطبيق، عين شمس، مصر، 1999م .
8. طلعت اسعد عبد الحميد الاتصالات التسويقية المتكاملة طريقك المباشر الي قلب وفكر العميل، دار الفجر الاسكندرية ، 2002م
9. عبد السلام أبو قحف، أساسيات التسويق الجزء الثاني، الدار الجامعة ، بيروت، 1993م .
10. فريد كورتل، الاتصال التسويقي ، كنوز المعرفة ، الجزائر، 2010م
11. فليب كوتلر، جاري أرمسترونج، اساسيات التسويق،ط1، تعريب سرور علي أبراهيم سرور، دار المريخ، الرياض، 2007م
12. محمد إبراهيم عبيدات، مبادئ التسويق، مدخل سلوكي، (ب. ت)، عمان، 1992م.
13. سلوك المستهلك، مدخل إستراتيجي ، دار وائل، عمان، ط4 ، 2004م .
14. محمد سعيد عبد الفتاح، أدارة التسويق، الدار الجامعية، الاسكندرية، ب ت
15. محمد صادق بازرعة ، إدارة التسويق، المكتبة الاكاديمية، مصر، 2001م
16. محمد فريد الصحن، مبادئ التسويق، الدار الجامعية، الاسكندرية، 1993م
17. بن يعقوب العيسوى ،دور سلوك المستهلك فى تحسين القرارات التسويقيه، مجلة العلوم السلوكيه، جامعة محمد خضير بسكره، القاهره، 2012/5/3م.
18. سعيد حسن العجب حسب الكريم، أثر الإعلان فى قرارات الشراء وتفضيلات المستهلكين، مجلة جامعة شندى، العدد الثانى عشر يناير 2012م .
19. عدنان كاظم جواد(اثر المعرفة السوفية فى إختيار الإستراتيجيات التنافسيه والتميز فى الأداء، المجلة الأردنية للعلوم التطبيقيه)، المجلد السادس، العدد الثانى، الأردن 2003م .
20. على عبد الرضا الجياشى(أثر حالة الإبتكار فى المنظمه على الإبتكار التسويقى وإنعكاساته على الأداء)، مجلة العلوم التطبيقيه الأردنية، المجلد السادس العدد الثانى 2003م
21. هانى حامد الضمور، وهدى مهدى عايش، أثر عناصر المزيج التسويقى الخدمى لفنادق الخمس نحو الصوره المدركه لدى السائح، المجلة الأردنيه لادارة الأعمال، مجلد(1) العدد(1)، تموز 2005م.
22. أحمد موسى سعيد محمد، أثر التسويق على إدارة الشركات المنتجه والمسوقه للمشروبات الغازيه بولاية الخرطوم، رسالة دكتوراة، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا 2005م.
23. حسام فتحى أبوطعميه، اثر الإعلان على سلوك المستهلك بالتطبيق على السلع الغذائية ، رسالة دكتوراه، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا 2005م.
24. سالم أحمد الرميحى، أثر وسائل الإعلان فى ترويج السياحه الداخليه فى الأردن، رسالة دكتوراه، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا 2005م.

REFERENCES

[1] Constantin. Jamon et autres: strategy and managerment, tyas Bus in ass publication lnc , Dallas1976 .
[2] Kotler and Armstrong, principles of Marketing, tenthed erertice.
[3] Kotler, P, Marketing Maragemant anlaysis, planning Implermentation and Control, Prewig – hall, Inc, New York Jersey, 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 915-925
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Composition nutritionnelle et capacité antioxydante de quatre variétés de tomate *(Lycopersicon esculentum mill)* cultivées en Côte d'Ivoire

[Nutritional composition and antioxidant capacity of four tomato varieties cultivated in Cote d'Ivoire]

Syndoux Dembélé[1], N'dri Emmanuel Koffi[2-3], Ibrahima Cissé[3], Amissa Augustin Adima[3], Koffi Yao[3], and Anin Atchibri Anin Louise[1]

[1]Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire (NSA), UFR STA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Ecole Normale Supérieure (ENS), Département des Sciences et Technologie, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

[3]INP-HB, Laboratoire de Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: Nutrient contents and antioxidant capacity of four tomato varieties (UC82 b, Amiral F1, locale cotelette and locale cerise) were determined by spectrophotometric method. Among these varieties, Amiral F1 had the highest antioxidant capacity with an EC_{50} of 3.47 mg/mL and rate of total polyphenols (17.5 mg/100 g GAE). In addition, locale cotelette was richer in lycopene (2.9 mg per 100 g of fresh tomatoes) and vitamin C (35.4 mg/100 g of fresh tomatoes) than other tomato varieties. The highest calcium (31 mg per 100 g of fresh tomatoes), magnesium (21 mg per 100 g of fresh tomatoes) and potassium (333 mg per 100 g of fresh tomatoes) contents were also observed for this variety in particular. The results highlighted that UC82 b was the best source of iron (0.065 mg per 100g of fresh tomatoes), phosphorus (23 mg per 100 g of fresh tomatoes), manganese (0.086 mg per 100 g of fresh tomatoes) and zinc (0.11 mg per 100 g of fresh tomatoes). This work showed that the different varieties of tomatoes studied have high antioxidant capacity. Thus, they could be used to prevent oxidative stress.

KEYWORDS: Antioxidant activity; Lycopene; Total polyphenols; Tomato.

RÉSUMÉ: La teneur en nutriment et en composés à pouvoir antioxydant de quatre variétés de tomate (UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise) ont été déterminés par la méthode spectrophotométrique. Parmi ces variétés étudiées, Amiral F1 présente le plus fort pouvoir antioxydant avec une EC50 de 3,47 mg/mL et le plus fort taux de polyphénols totaux (17,5 mg/100 g EAG). Par ailleurs, la variété locale côtelette est la plus riche en lycopène (2,9 mg pour100 g de tomate fraîche) et en vitamine C (35,4 mg/100 g de tomate fraîche). Cette variété présente également le plus fort taux de calcium (31 mg pour 100 g de tomate fraîche), de magnésium (21 mg pour 100 g de tomate fraîche) et de potassium (333 mg pour 100 g de tomate fraîche). La variété UC82 b représente la meilleure source de fer (0,065 mg pour 100g de tomate fraîche), de phosphore (23 mg pour 100 g de tomate fraîche), de manganèse (0,086 mg pour 100 g de tomate fraîche) et de zinc (0,11 mg pour 100 g de tomate fraîche). Il ressort de cette étude que les différentes variétés de tomates étudiées sont dotées de forts pouvoirs antioxydants. De ce fait, elles pourraient être utilisées pour lutter contre le stress oxydatif.

MOTS-CLEFS: Activité antioxydante ; Lycopène; polyphénols totaux ; Tomate.

Corresponding Author: N'dri Emmanuel Koffi

1 INTRODUCTION

Lycopersicon esculentum mill communément appelé tomate est une plante originaire du nord-ouest d'Amérique du Sud. Elle a été longtemps considérée comme une plante ornementale. Aujourd'hui, elle fait partie des légumes-fruits les plus consommés dans le monde entier. Elle est la troisième espèce la plus cultivée dans monde, après la pomme de terre et la patate douce [1]**.** De plus, elle représente le deuxième légume-fruit le plus consommé dans le monde après la pomme de terre [2]**.**

Les fruits de cette plante également appelés tomates se présentent sous différentes couleurs en fonction de leur stade de maturité (verte, jaune, orange ou rouge). La couleur rouge des tomates indique le stade de pleine maturité. Cette coloration est due aux caroténoïdes synthétisés lors de sa maturation [3]**.** Le principal caroténoïde responsable de cette coloration est le lycopène qui est un très puissant antioxydant [4]. Ce composé n'est apporté à l'organisme que par l'alimentation [5].

Selon Giovannucci [6], les personnes ayant un apport élevé en lycopène ou des produits à base de tomate sont de moins en moins atteintes du cancer de la prostate. Aussi, une corrélation a été établie entre la consommation de tomate ou d'aliments à base de tomate et la réduction des maladies telles que les maladies cardiovasculaires, les infections gastro-intestinales et les infections des cellules épithéliales [7, 8]. Cela serait due aux composés antioxydants que contiennent les tomates tels que les vitamines C et E, les flavonoïdes et autres composés phénoliques [9].

D'autres études ont mis en exergue les propriétés nutritionnelles et antioxydantes des tomates [10] ; [11] ; [12]. Cependant, peu de données scientifiques sont disponibles pour les tomates de Côte d'Ivoire. Or, la composition physico-chimiques d'une plante peut être influencée par les conditions environnementales, climatiques, le type de sol, la variété et le stade de maturité des fruits de cette plante [13, 14]. C'est ainsi que nos travaux ont porté sur la détermination de la valeur nutritionnelle et de la capacité antioxydante de quatre variétés de tomate qui y sont cultivées. Ils portent essentiellement sur la détermination de la teneur en macronutriment (glucides, lipides et protéines), micronutriment, oligonutriment, composés à pouvoir antioxydant et à l'évaluation l'activité antioxydante de chacune de ces variétés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Trois variétés locales de tomate (*UC82 b ; cerise* et *côtelette*) et une variété hybride de tomate appelé (*Amiral F1*) ont été utilisées pour cette étude. Ces différentes variétés ont été récoltées chez trois différents cultivateurs du district de Yamoussoukro plus précisément de N'gattakro, Zatta et Lolobo qui sont des localités situées au centre de la Côte d'Ivoire.

2.1.2 PRODUITS CHIMIQUES

Les produits chimiques utilisés sont de qualité analytique. Il s'agit du méthanol (Carlo Erba, Espagne), du réactif de Folin-Ciocalteu (Panreac quimica, Espagne), du nitrite de sodium (Merck, Allemagne), du carbonate de calcium (Merck, Allemagne), du chlorure d'aluminium (Merck, Allemagne), de l'hydroxyde de sodium (Scharlau, Espagne), d'acide citrique (Riedel-de-Haën, Allemagne), d'éthanol (Carlo Erba, Espagne), d'acétone (Carlo Erba, Espagne), d'acide chlorhydrique (Pancreac quimica, Espagne), d'acide sulfurique 96% (Carlo Erba, Espagne). Les standards utilisés pour la quantification des polyphénols ont été l'acide gallique (Sigma Aldrich, Allemagne) pour les polyphénols totaux et la quercétine (Sigma-Aldrich, Allemagne) pour les flavonoïdes totaux. La solution étalon multiéléments a été utilisée pour le dosage des oligoéléments (Tecknolab AB, Suède). Le DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) pour la détermination de l'activité antioxydante et le ß-carotène pour le dosage des caroténoïdes provenaient de Fluka (Etat-Unis).

2.2 MÉTHODE

2.2.1 ECHANTILLONNAGE

Les prélèvements ont eu lieu pendant la période de décembre 2016 à janvier 2017. Ils ont concerné les fruits fermes au stade de maturité commerciale (couleur rouge). Les fruits prélevés ont été conservés dans des glacières contenant de la glace puis acheminés au laboratoire. Ensuite, les échantillons collectés ont été rassemblés par variété et divisés en deux lots. Le

premier lot a été séché à 60°C pendant 48 heures puis broyé et le second lot mis au réfrigérateur à 4 °C pour les différentes analyses.

2.2.2 PRÉPARATION DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE

L'échantillon séché a été broyé puis 10 g du broyat a été homogénéisé dans 100 mL d'éthanol à 70 % (V/V) pendant 24 heures. Le mélange a été centrifugé à 1000 tours/min pendant 10 min. Le surnageant a été récupéré et séché à 60°C pendant 48 heures. Après cela, Ces extraits ont servi au dosage des polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et à la détermination de l'activité antioxydante des différentes tomates.

2.2.3 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES TOMATES

Le taux d'humidité, le taux de cendre, la matière sèche, l'acidité titrable et le pH ont été déterminés selon la méthode AOAC[15].

2.2.4 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MACRONUTRIMENTS DES TOMATES

Le dosage des fibres brutes et celui des protéines totales extraites par Kjeldahl a été réalisé selon la méthode AOAC[15], Par ailleurs, la teneur en lipides totaux extraits par Soxhlet a été déterminée selon la méthode AFNOR[16]**.** Enfin, la teneur en glucides totaux a été déterminée selon la méthode FAO[17] utilisant la formule suivante :

Glucides totaux (%) = 100 - [(% protéine) + (% lipide) + (% eau) + (% cendres)]

2.2.5 DÉTERMINATION DE LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOMATES

La valeur énergétique totale a été déterminé selon la méthode FAO[17] utilisant la formule suivante.

Valeur Energétique (Kcal/100g MF) = (% protéine x 4) + (% lipide x 9) + (% glucide x4)

2.2.6 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MINÉRAUX DES TOMATES

Les minéraux tels que le calcium, le fer, le magnésium, le phosphore, le potassium, le manganèse et le zinc ont été dosés par un spectrophotomètre à flamme d'absorption atomique (Varian AA 20 Spectrometer, Australia). Les teneurs en minéraux des différentes variétés de tomates ont été déterminées selon la droite d'étalonnage de chaque minéral recherché.

2.2.7 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN VITAMINE C DES TOMATES

La teneur en vitamine C a été déterminée selon la méthode de Pelletier *et al* [18]**.** Pour ce faire, 10 g de tomates fraiches préalablement découpée a été broyée puis solubilisée dans 40 mL d'acide métaphosphorique à 2 %. L'ensemble a été ensuite soumis à une centrifugation de 3000 tours/min pendant 20 min. Le surnageant obtenu a été introduit dans une fiole jaugé de 50 mL et le volume a été ajustée avec de l'eau distillée. Après agitation, 10 mL du mélange ont été titrés avec une solution de 2,6 DCPIP à 0,5 g/L jusqu'au virage au rose (rose champagne). La teneur en vitamine C a été déterminée comme suit :

$$\boldsymbol{Vitamine\ C}\ (\%) = \frac{(\mathbf{0,5\ x\ v\ x\ 10^3\ x\ 500})}{\boldsymbol{m_e}}$$

Avec :

v : Le volume de 2,6 DCPIP versé à l'équivalence
m_e : La prise d'essai

2.2.8 DOSAGE DES CAROTÉNOÏDES TOTAUX DES TOMATES

La teneur en caroténoïde a été déterminée selon la méthode de FAO [17]**.** Pour ce faire, 2 g d'échantillon frais ont été broyés et homogénéisés dans 50 mL d'acétone jusqu'à décoloration complète du résidu. Après filtration, les filtrats ont été introduits dans une ampoule à décanter auxquels 100 mL d'éther de pétrole ont été ajoutés avant d'agiter légèrement puis laisser au repos. La phase éthérée (phase contenant les caroténoïdes) a été récupérée dans une autre ampoule, lavée avec

50 mL d'eau distillée puis séchée avec 10 g de sulfate de sodium anhydre. L'absorbance de cette solution a été lue au spectrophotomètre à 450 nm contre l'éther de pétrole. La teneur en caroténoïde a été déterminée en fonction d'une droite d'étalonnage en équivalent *β*-carotène par gramme du poids frais.

2.2.9 DOSAGE DU LYCOPÈNE DES TOMATES

Le lycopène a été dosé dans les tomates selon la méthode décrite par Benakmoom *et al* [19]**.** Une masse de 0,1g de la poudre de tomate a été dissoute dans 10 mL de mélange de solvant (hexane/acétone/éthanol, 50/50/1, v/v/v) puis agité pendant 10 min. L'ensemble a été soumis à une centrifugation à 5000 tours par minute pendant 15 min. Ensuite 1 mL de la phase organique a été récupéré et dilué dans 10 mL d'hexane. L'absorbance de cette solution a été mesurée à 472 nm avec l'hexane comme le blanc. La teneur en lycopène a été déterminée selon la formule suivante :

$$Teneur\ en\ lycopène\ (\%) = \frac{(\mathrm{Abs}_{472} \times \mathrm{Fd} \times 10^5 \times \mathrm{V})}{3450 \times 100 \times \mathrm{m}}$$

F_d : Facteur de dilution
V : Volume du solvant d'extraction,
3450 : Coefficient d'extinction de l'hexane,
m : Poids de la prise d'essai.

2.2.10 DOSAGE DES POLYPHÉNOLS TOTAUX DES TOMATES

A 2,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10ème sont ajoutés 30 µL d'extrait dilué de tomate. Le mélange est maintenu pendant 2 min à l'obscurité à température ambiante (30 ± 2 °C). Un volume de 2 mL de Na_2CO_3 (75 g.L^{-1}) y a été ajouté. Le mélange obtenu a été incubé à 50 °C dans un bain marie pendant 15 min pour permettre le total développement de la coloration bleue du mélange réactionnel. L'absorbance est lue au spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde de λ = 760 nm. La quantité de polyphénols dosés a été exprimée en mg EAG (Equivalent Acide Gallique) par g de végétal sec extrait selon la méthode de Singleton et Wood, [20, 21]. Les dosages ont été effectués en triple.

2.2.11 DOSAGE DES FLAVONOÏDES TOTAUX DES TOMATES

Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé selon la méthode décrite par Marinova *et al,* [22]. A 0,75 mL de $NaNO_2$ à 5 % (m/v) ont été ajoutés 0,75 mL d'$AlCl_3$ à 10 % (m/v) et 2,5 mL d'extrait dilué de tomate. Après 6 min de réaction à l'obscurité à température ambiante (30 ± 2°C), 5 mL de NaOH (1 M) ont été ajoutés au mélange. Après cela, le volume du mélange a été ajusté à 25 mL avec de l'eau distillée. Le tout a été soumis à une agitation vigoureuse. Enfin, l'absorbance de la solution obtenue a été mesurée au spectrophotomètre à λ = 510 nm. La quantité de flavonoïdes totaux dosés a été exprimée en mg EQ (Equivalent Quercétine) par g de végétal sec extrait. Tous les dosages sont réalisés en triple.

2.2.12 DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DES TOMATES PAR LA MÉTHODE AU DPPH

L'activité antioxydante des tomates a été déterminée selon la méthode décrite par Von gadow [23]. Elle a consisté à déterminer le pourcentage d'inhibition du DPPH par les extraits de tomate et leur concentration efficace à 50 % (EC_{50}). Pour ce faire, à 50 µL de chaque extrait éthanolique pris à différentes concentrations (1 ; 2 ; 3; … ;10 mg/mL), ont été ajoutés 5 mL de DPPH méthanolique à 25 mg.L^{-1} puis incuber à température ambiante à l'abri de la lumière pendant 30 min. Après l'incubation, l'absorbance de la solution a été lue à 515 nm par rapport au méthanol. Pour le témoin, les 50 µL de l'échantillon ont été remplacés par 50 µL de méthanol. Le pourcentage d'inhibition (%inh) des extraits éthanoliques de tomate a été déterminé comme suit:

$$\%\ \boldsymbol{Inhibition} = \frac{(\boldsymbol{A_0} - \boldsymbol{A_{30}}) \times \mathbf{100}}{\boldsymbol{A_0}}$$

Avec :

A_o = absorbance du témoin après 30 min d'incubation,
A_{30} = absorbance de l'échantillon après 30 min d'incubation.

La concentration efficace à 50% de DPPH des différents extraits a été déterminée en fonction de la droite f(C) = %inhibition. Elle a été déterminée comme suit :

$$EC_{50} = \frac{(50 - b)}{a}$$

Avec :

a= le coefficient directeur de la droite
f(C)= % inhibition
b= l'ordonnée à l'origine

2.2.13 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique a été réalisée en faisant une analyse des variances à un facteur (ANOVA à 1 facteur) pour toutes les données (moyenne de chaque paramètre dosé). Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel *Statistica 7.1*. Les comparaisons des moyennes ont été effectuées par le test de Newman-Keuls au niveau de signification de 5 %.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES TOMATES

Le tableau I présente les caractéristiques physico-chimiques de quatre variétés de tomate (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. Les teneurs en eau des tomates étudiées sont tous supérieures à 91 %. Les taux de cendre déterminés pour ces tomates varient entre 0,5 % et 0,8 %. Dans l'ordre croissant, le taux de cendre de la variété *UC82 b* < *Amiral F1* < *locale cerise* < *locale côtelette*. Le pH des différentes tomates étudiées varie de 3,6 à 4,1. La variété *locale cerise* présente le pH le plus bas (pH=3,6) tandis que la variété *Amiral F1* présente le pH le plus élevé (pH= 4,1). Dans l'ordre croissant de pH nous avons : pH (*locale cerise*) < pH (*locale côtelette*) < pH (*UC82 b*) < pH (*Amiral F1*).

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des quatre variétés de tomate (pour 100g de tomate fraiche)

	pH	Humidité (g)	Matière sèche (g)	Acidité titrable (méq)	Cendre (g)
UC82 b	4,10 ± 0,01 ^{c}	94,30 ± 0,10 ^{b}	5,69 ± 0,10 ^{b}	9,33 ± 0,57 ^{a}	0,51 ± 0,01 ^{a}
Amiral F1	4,00 ± 0,01 ^{d}	95,05 ± 0,01 ^{c}	4,95 ± 0,01 ^{a}	8,65 ± 0,56 ^{a}	0,59 ± 0,00 ^{a,b}
Locale côtelette	3,90 ± 0,01 ^{b}	91,76 ± 0,04 ^{a}	8,24 ± 0,04 ^{c}	18,26 ± 1,12 ^{b}	0,77 ± 0,05 ^{c}
Locale cerise	3,60 ± 0,05 ^{a}	93,99 ± 0,34 ^{b}	6,01 ± 0,34 ^{b}	26,00 ± 2,00 ^{c}	0,71 ± 0,08 ^{b,c}

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil ($p \leq 0,05$)

3.2 COMPOSITION NUTRITIONNELLE DES TOMATES

3.2.1 TENEUR EN MACRONUTRIMENTS ET VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOMATES

Le tableau II présente les teneurs en protéines totales, glucides totaux, lipides totaux, fibres ainsi que la valeur énergétique de quatre variétés de tomate (*UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. La teneur en protéine totale des quatre variétés de tomates varie de 0,74 à 1,46 g pour 100 g de tomate fraîche. Parmi les tomates étudiées, la variété *locale côtelette* a la plus forte teneur en protéine. Par contre, la variété *UC82 b* contient la faible quantité de protéine. Cependant, les analyses statistiques ont montré qu'il n'existe pas de différence significative entre la teneur en protéine des variétés *Amiral F1* et *UC82 b* (p <0,05).

Les teneurs en lipides totaux de ces tomates varient de 0,05 à 0,79 g pour 100 g de tomate fraîche. L'analyse des résultats a montré que la variété *locale cerise* est la plus riche en lipide et la variété *UC82 b,* la moins riche en lipide.

Les résultats obtenus indiquent également que la variété *locale côtelette* est la plus riche en glucide (5,58 g/100 g de tomate fraîche). Par contre, la variété *Amiral F1* présente la plus faible teneur en glucide (3,48 g/100 g tomate fraîche). Le taux de glucide de la variété *locale cerise* étant supérieur à celui d'*Amiral F1*, n'est cependant pas différent à $p < 0,05$.

La teneur en fibre brute des quatre variétés de tomate est comprise entre 0,7 et 2 g pour 100 g de tomate fraîche. La variété de tomate *locale côtelette* a la plus forte teneur en fibre tandis que la variété améliorée *Amiral F1* a la plus faible teneur en fibre.

La valeur énergétique de ces quatre variétés de tomate varie de 18 à 32 kilocalories pour 100 g tomate fraîche. Parmi ces quatre variétés de tomate, c'est la variété *locale côtelette* qui a la plus forte valeur énergétique. Par contre, la variété *Amiral F1* présente la plus faible valeur énergétique. Par ordre croissant de valeur énergétique, nous avons le classement suivant : valeur énergétique (*Amiral F1*) < valeur énergétique (*UC82 b*) < valeur énergétique (*locale cerise*) < valeur énergétique (*locale côtelette*).

Tableau 2. Composition en macronutriments des quatre variétés de tomate (pour 100g de poids frais)

	Glucides (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Val E. (Kcal)	Fibres (g)
UC82 b	4,40 ± 0,02 ^{b}	0,05 ± 0,01 ^{a}	0,74 ± 0,06 ^{a}	21,02 ± 0,43 ^{a}	1,02 ± 0,11 $^{a, b}$
Amiral F1	3,48 ± 0,02 ^{a}	0,11 ± 0,01 $^{a, b}$	0,76 ± 0,01 ^{a}	17,99 ± 0,09 ^{a}	0,701 ± 0,03 ^{a}
Locale côtelette	5,58 ± 0,14 ^{c}	0,43 ± 0,23 $^{b, c}$	1,46 ± 0,06 ^{c}	32,03 ± 1,5 ^{c}	2,04 ± 0,38 ^{c}
Locale cerise	3,56 ± 0,08 ^{a}	0,79 ± 0,14 ^{c}	0,95 ± 0,05 ^{b}	25,15 ± 1,73 ^{b}	1,48 ± 0,04 ^{b}

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil (p ≤ 0,05)

3.2.2 TENEUR EN MICRONUTRIMENT DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau III présente les teneurs en divers minéraux (Calcium, Fer, Magnésium, Phosphore, Potassium, Manganèse et zinc) de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire (*UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise*). Les quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire contiennent à des proportions variables les minéraux tels que calcium, fer, magnésium, phosphore, potassium, manganèse et zinc. Parmi celles-ci, *locale côtelette* est la plus riche en calcium (31 mg), en magnésium (21 mg) et en potassium (332,6 mg). La variété *UC82 b* représente la meilleure source de zinc (0,11 mg) et de phosphore (22,62 mg). Cependant la teneur en fer et en manganèse des quatre variétés de tomate ne sont pas significativement différents au seuil de significativité de 5%.

Tableau 3. Composition en minéraux des quatre variétés de tomate (en mg pour 100g de tomate fraîche)

	UC82 b	*Amiral F1*	*Locale côtelette*	*Locale cerise*
Ca	20,65 ± 0,52 ^{a}	19,88 ± 0,07 ^{a}	30,99 ± 0,30 ^{b}	22,23 ± 2,38 ^{a}
Fe	0,065 ± 0,02 ^{a}	0,046 ± 0,13 ^{a}	0,049 ± 0,02 ^{a}	0,052 ± 0,03 ^{a}
Mg	15,89 ± 0,57 ^{b}	11,85 ± 0,04 ^{a}	20,99 ± 0,20 ^{c}	17,02 ± 1,82 ^{b}
P	22,62 ± 0,82 ^{c}	12,90 ± 0,05 ^{a}	16,41 ± 0,14 ^{b}	19,68 ± 2,1 ^{c}
K	313,47 ± 11,4 ^{b}	248,39 ± 1,14 ^{a}	332,67 ± 3,12 ^{b}	313,04 ± 32,79 ^{b}
Mn	0,09 ± 0,03 ^{a}	0,06 ± 0,03 ^{a}	0,06 ± 0,01 ^{a}	0,07 ± 0,02 ^{a}
Zn	0,11 ± 0,03 ^{b}	0,06 ± 0,01 ^{a}	0,078 ± 0,01 $^{a, b}$	0,07 ± 0,00 $^{a, b}$

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil (p ≤ 0,05)

3.3 TENEUR EN COMPOSÉS À POUVOIR ANTIOXYDANT DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau IV présente les teneurs en composés à pouvoir antioxydant (vitamine C, caroténoïde, lycopène, polyphénols totaux et flavonoïdes totaux) de quatre variétés de tomate (*UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. La teneur en vitamine C des quatre variétés de tomate étudiées varie de 9 à 35,4 mg pour 100 g de tomate fraîche. La variété *locale côtelette* est la plus riche en vitamine C tandis que la variété *Amiral F1* est la moins riche en vitamine C. La teneur en caroténoïde des quatre variétés de tomate varie de 13 à 21,6 mg équivalent β-carotène pour 100 g de tomate fraîche. La variété *UC82 b* présente la teneur la plus élevé en caroténoïde tandis que la variété *Amiral F1* présente la plus faible teneur en caroténoïde. Les analyses statistiques ont montré qu'il n'existe pas de différence significative à $p < 0,05$ entre les teneurs en caroténoïde des variétés *locale cerise* et *locale côtelette*. La teneur en lycopène des quatre variétés de tomate varie de 1,7 à 2,9 mg pour 100 g de tomate fraîche. La variété *locale côtelette* a la plus forte teneur en lycopène (2,9 mg). En revanche la variété *Amiral F1* a la plus faible teneur en lycopène (1,7 mg). Le classement en partant de la plus faible teneur à la plus forte teneur en lycopène des tomates analysées est le suivant : *Amiral F1* (1,7 mg) < *UC82 b* (2,04 mg) < *locale cerise* (2,15 mg) < *locale côtelette* (2,95 mg). Cependant, les analyses statistiques ont montré que le taux de lycopène des variétés *UC82 b* et *locale cerise* ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

La teneur en polyphénols totaux des quatre variétés de tomate varie de 13 à 17,5 mg/100 g EAG de tomate fraîche. La variété *Amiral F1* contient la plus forte teneur en polyphénol tandis que la variété *locale cerise* a la plus faible teneur en

polyphénol. Cependant, la teneur en polyphénol des variétés *locale côtelette* et *UC82 b* ne présente pas de différence significative au seuil de 5%.

La teneur en flavonoïdes totaux des quatre variétés de tomate varie de 2 à 3,1 mg/100 g équivalent quercétine de tomate fraîche. Le taux de flavonoïde est le plus élevé dans la variété *locale cerise* (3,1 mg) par contre la variété *UC82 b* (1,98 mg) a le plus faible taux de flavonoïde. La teneur en flavonoïde des différentes variétés de tomate dans l'ordre croissant est comme suit *: UC82 b* (1,98 mg) < *locale côtelette* (2,5 mg) < *Amiral F1* (2,6 mg) < *locale cerise* (3,1 mg). Les analyses statistiques ont aussi montré qu'il n'existe pas de différence significative entre la teneur en flavonoïde des variétés *Amiral F1* et *locale côtelette* au seuil de significativité 5%.

Tableau 4. ***Teneur en composés à pouvoir antioxydant des quatre variétés de tomate pour 100 g de tomate fraîche***

	Vitamine C (mg)	Caroténoïdes (mg éq β-carotène)	Lycopènes (mg)	Polyphénols. (mg EAG)	Flavonoïdes (mg EQ)
UC82 b	20,34 ± 00 ^{b}	21,6 ± 1,00 ^{c}	2,04 ± 0,3 ^{b}	16,5 ± 1,3 ^{b}	1,98 ± 0,5 ^{a}
Amiral F1	9,04 ± 00 ^{a}	13,0 ± 0,3 ^{a}	1,77 ± 0,03 ^{a}	17,49 ± 3,7 ^{c}	2,6 ± 00 ^{b}
Locale côtelette	35,4 ± 6,52 ^{c}	15,9 ± 0,1 ^{b}	2,95 ± 0,14 ^{c}	16,2 ± 2,0 ^{b}	2,5 ± 1,5 ^{b}
Locale cerise	31,64 ± 00 ^{c}	17,0 ± 0,3 ^{b}	2,15 ± 1,2 ^{b}	12,8 ± 1,5 ^{a}	3,1 ± 1,00 ^{c}

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil (p ≤ 0,05)

3.4 ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau V présente l'activité antioxydante de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire (*UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise*) par la détermination de la concentration efficace à 50% (EC_{50}). La concentration efficace EC_{50} des différentes variétés de tomate est comprise entre 3,47 et 6,74 mg/mL d'extrait. Elle représente la quantité de l'extrait pour laquelle le radical DPPH est réduit à moitié. A cet effet, lorsque la concentration inhibitrice est faible, le pouvoir antioxydant de l'extrait de tomate est plus élevé [24]. Dans l'ordre décroissant, la variété *locale cerise* présente la plus forte concentration efficace qui est suivie de celle de la variété *UC82 b*. Après cela nous avons l'EC_{50} de la variété *locale côtelette* et celle la variété *Amiral F1*. Sachant que l'activité antioxydante varie inversement par rapport à la concentration efficace à 50%, le classement par ordre décroissant d'activité antioxydant est le suivant : *Amiral F1 > locale côtelette > UC82 b > locale cerise.* Les quatre variétés de tomate analysées ont un pouvoir antioxydant plus faible que celle de la vitamine C.

Tableau 5. ***Activité antioxydante des quatre variétés de tomate***

		EC_{50} (mg/mL)
Variété de tomate	*UC82 b*	6,27 ± 0,14 ^{d}
	Amiral F1	3,47 ± 0,16 ^{b}
	Locale côtelette	4,26 ± 0,16 ^{c}
	Locale cerise	6,74 ± 0,27 ^{e}
Référence	*Vitamine C*	2,72 ± 0,06 ^{a}

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil (p ≤ 0,05)

4 DISCUSSION

La présence en abondance d'eau dans les aliments favorise la croissance de plusieurs micro-organismes (certaines bactéries, levures et moisissures) [25]. A cet effet, la forte teneur en eau des tomates serait à l'origine de leur grande périssabilité. Cela entraine des difficultés dans sa conservation. Cependant, l'acidité de ces tomates pourrait inhiber la majeure partie des microorganismes susceptibles de les altérer à l'exception des bactéries acidophiles, des levures et des moisissures [26].

Le taux de cendre des différentes tomates analysées est similaires à ceux rapportés par Guil-Guerrero et Rebolloso-Fuentes [27] et Pinela *et al* [28] qui ont obtenus des taux de cendre de leurs tomates étudiées compris entre 0,6 à 1,4%. L'existence de ces cendres est une présomption de la présence des minéraux dans ces différentes variétés. Aussi, la composition en protéine, lipide et glucide de ces tomates est proche de celui obtenu par ces mêmes auteurs [28] ; [27] à l'exception de celui de la variété *locale cerise* qui a une teneur en lipide de 0,79%. Cette forte teneur en lipide de la variété *locale cerise* pourrait s'expliquer par

le fait que les conditions climatiques, environnementales, le stade de maturité et la variété de tomate cultivée influencent considérablement la teneur en nutriment des tomates [14].

La teneur en micronutriments des quatre variétés de tomate est proche de celles des tomates étudiées par Halevy *et al,* [29] et Guil-Guerrero et Rebolloso-Fuentes [27]. Ces micronutriments varient légèrement d'une variété à l'autre. Ils jouent un rôle important dans la prévention contre plusieurs pathologies. En effet, le zinc et le manganèse permettent de lutter contre les maladies inflammatoires [30]. Ils favorisent également le piégeage des radicaux libres [31]. Quant au potassium, il contribue à la régulation de la pression artérielle [32, 33]. Houston et Whelton ont montré que chez un sujet hypertendu, une supplémentation en potassium de 4700 mg/jour réduirait la pression artérielle de 4,4/2,5 mmHg. Par ailleurs, le calcium a une activité anticarcinogène car il permet de réduire le risque de cancer colorectal [34]. En association avec le phosphore, le calcium permet de lutter contre ostéoporose qui est la fragilisation des os due à la carence en calcium [35]. Le magnésium est un cofacteur enzymatique limitant la conversion de l'acide linoléique en acide γ-linolénique. Ce dernier peut contribuer à la synthèse de la prostaglandine (substances entrainant des troubles au niveau du cerveau) [36, 37].

Au cas où ces minéraux seraient biodisponible, la consommation de ces différentes variétés de tomate pourraient prévenir l'hypertension artérielle, le cancer et le stress oxydatif par le piégeage des radicaux libres.

Parmi les variétés analysées, seule la teneur en vitamine C de la variété *UC82 b* (20,34 mg) est similaire à celle obtenue par Halevy *et al,* [29] puis Raffo *et al***,** [38] qui ont une teneur comprise entre 11 et 21 mg pour 100 g de tomate fraîche. Les teneurs en vitamine C des variétés *locale cerise* (31,64 mg) et *locale côtelette* (35,4 mg) sont supérieures à cette valeur. Par contre, la variété *Amiral F1* qui a une teneur en vitamine C de 9 mg est plus faible par rapport à cette valeur. Ces différences observées entre la teneur en vitamine C d'une variété à l'autre pourraient être dues au degré de maturité ou à la technique de conservation post-récolte [38]. La présence de vitamine C dans ces tomates pourrait être bénéfique pour le consommateur car elle inhibe la production des radicaux libres réduisant ainsi le stress oxydatif [39]. De plus, elle aide à réguler le taux d'insuline chez les diabétiques [40, 41].

L'α-carotène, le β-carotène, le *β*-cryptoxanthine et le lycopène et bien d'autres caroténoïdes sont à l'origine de la couleur rouge des tomates [42, 43]. Ces composés sont pour la plupart des pro-vitamine A et aussi de puissants antioxydants. De ce fait, la présence de ces composés dans ces tomates pourrait aider le consommateur à lutter contre la carence en vitamine A. De plus, ces composés pourraient réduire le stress oxydatif par le piégeage des radicaux libres. Le taux de lycopène des différentes tomates analysées est similaire aux résultats de Schierle *et al,*[44] et Gross [45] qui ont obtenu une teneur en lycopène comprise entre 0,88 et 4,2 mg pour 100 g de tomate fraîche. Le lycopène constitue le caroténoïde majeur des tomates [4]. C'est ce composé qui contribue à la coloration rouge des tomates lorsqu'elles sont mûres [3]. Il présente de fortes propriétés antioxydante d'où un rôle important dans le piégeage des radicaux libres. Ces propriétés confèrent à la tomate un fort pouvoir antioxydant.

Les teneurs en polyphénol dosées dans les tomates étudiées sont inférieures à celles obtenues par Pinela *et al,* 2012 qui se situent entre 21,34 et 31,23 mg/100 g EAG. Cette différence de teneur en polyphénol pourrait être due soit à la variété de tomate soit au stade de maturité des tomates ou même aux conditions agronomiques et environnementales pendant la culture tel que décrit par Abushita *et al,* [46]; Binoy *et al,* [47]; Leonardi [48] et Strazzullo [49]. En plus de cela, la procédure d'extraction des composés phénoliques peut influencer la teneur en composés phénoliques [50] ; [51].

Les composés à pouvoir antioxydant contenus dans les tomates sont hydrophiles ou lipophiles. La fraction hydrophile est composée de la vitamine C et des composés phénoliques tandis que la fraction lipophile est composée principalement des caroténoïdes. Ces composés à fort pouvoir antioxydants contenus dans les tomates interagissent de façon synergique pour lutter contre le stress oxydatif et contribuer à la santé [52]; [53]; [48]. La variété *Amiral F1* présente le plus fort pouvoir antioxydant et le taux le plus élevé de polyphénols totaux. Ces résultats confirment une fois de plus les fortes propriétés antioxydantes des composés phénoliques [54, 55]. Les travaux de Obrenovich *et al* [56] ont montré un fort impact des composés phénoliques sur la réduction des risques de cancers et des maladies chroniques.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis de déterminer la composition en nutriment (protéines, glucides, lipides et minéraux) et en composés à pouvoir antioxydant (vitamine C, caroténoïdes et polyphénols) de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire. Il ressort de cette étude que la composition en nutriment, en composés à pouvoir antioxydant et la capacité antioxydante est fonction de la variété. Parmi les variétés de tomate étudiées, *Amiral F1* présente le meilleur profil car elle a la plus faible valeur énergétique et le plus fort pouvoir antioxydant. Toutes ces variétés sont de véritables sources de micronutriment. Leur consommation peut donc permettre de lutter contre la carence en ces nutriments. De plus, la présence des composés

antioxydants tels que la vitamine C, les polyphénols et le lycopène dans ces tomates pourrait faire d'elles une véritable source d'antioxydant. De ce fait, leur consommation régulière pourra donc permettre de lutter contre le stress oxydatif.

REFERENCES

[1] DeBroglie and D. Guéroult, *Tomates d'hier et d'aujourd'hui.* 2005.

[2] FAOSTAT., *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.* http://faostat.fao.org/, 2013.

[3] Zeb, A. and S. Mehmood, *Carotenoids contents from various sources and their potential health applications.* Pakistan Journal of Nutrition, 3: pp. 199-204., 2004.

[4] Rao and Agarwal. S *Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review.* Nutrition Research, 19(2): pp. 305-323, 1999.

[5] Clinton, S.K., *Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease.* Nutr Rev, 56(2): pp.,35, 1998.

[6] Giovannucci, E., Rimm, E.B., Liu, Y., Stampfer, M.J., Willett, W.C., *A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk.* J. Natl. Cancer Inst, 94: pp. 391-398, 2002.

[7] Agarwal, S. and A. Rao, *Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases.* Can Med Am J: pp. 163:739, 2000.

[8] Rao, A.V., & Rao, L. G., *Carotenoids and human health.* . Pharmacological Research, 55: pp. 207-216, 2007.

[9] Lenucci, M.S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., and Dalessandro, G., *Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: pp. 2606-2613, 2006.

[10] Gautier, H., V.D. Verdin, C. Bénard, M. Reich, M. Buret, F. Bourgaud, J.L. Poessel, C. Caris-Veyrat, and M. Génard, *How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance?* . J. Agric. Food Chem., 56: pp. 1241-1250, 2008.

[11] Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M.S., Tlili, I., Dalessandro, G., *Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (Solanum lycopersicum L.) cultivars grown in Southern Italy.* Sci. Hortic., 127: pp. 255-261, 2011.

[12] Kotkov, Z., Lachman, J., Hejtmnkov, A., Hejtmnkov, K., *Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants.* LWT - Food Sci. Technol, 44: pp. 1703-1710, 2011.

[13] Bañón, A.M. and H.-R. Josefa, *Growth conditions influence the melatonin content of tomato plants.* Food Chemistry, 138(2-3): pp. 1212-1214, 2013.

[14] Dominguez, I., M.T. Lafuente, P. Hernindez-Muioz, and R. Gavara, *Influence of modified atmosphere and ethylene levels on quality attributes of fresh tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.).* Food Chemistry, 209: pp. 211-219, 2016.

[15] AOAC, *Analytic Official Methods of Analysis of the Association Chemists.*, 1990.

[16] AFNOR, *Association Française de Normalisation. Recueil des normes françaises des céréales et des produits céréaliers.* Troisième édition: pp. 1-422 pp, 1991.

[17] FAO., *Food energy - methods of analysis and conversion factors.* Food And Nutrition Paper 77: pp. 93p., 2002.

[18] Pelletier F. and D. St-Louis, *Etude cinétique à l'ombre et à la lumière de la vitamine C, Sciences de la nature.* 1999.

[19] Benakmoum, A., S. Abbeddou, and A. Ammouche, *Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste.* Food Chemistry, 110: pp. 684-690, 2008.

[20] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M., *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent.* Methods Enzymology, 299: pp. 152-178, 1999.

[21] Wood , Senthilmohan S. T., and P.A. V., *antioxidant activity of procyanidin-containing plant extracts at different pHs.* Food Chemistry, T.77: pp. p.155-161, 2002.

[22] Marinova, R. F., and a. M.Atanassova, *Total phenolics in bulgarian Fruits and vegetables.* Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, T.40, N°3: pp. p.255-260, 2005.

[23] Von Gadow, A., Joubert, E., Hansmann, C.F., *Comparison of antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (Aspalathus linearis), alpha-tocopherol, BHT and BHA.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: pp. 632-638, 1997.

[24] Molyneux, P., *The use of stable free radical diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity* . Songklanakarin J. Sci. Technol., 26 (2): pp. 211-219., 2004.

[25] Maria M. Gil, Fátima A. Miller, Teresa R. S. Brandão, and C.L.M. Silva., *Combined effects of temperature, pH and water activity on predictive ability of microbial kinetic inactivation model, 9th International Conference on Predictive Modelling in Food* Procedia Food Science, 7: pp. 67 - 70, 2016.

[26] Ji-Yeon Lee., Sang-Soon Kim., and Dong-Hyun Kang. - *Effect of pH for inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium and Listeria monocytogenes in orange juice by ohmic heating. Lwt.* Food Science And Technology, 62: pp. 83-88, 2015.

[27] Guil-Guerrero, J.L. and M.M. Rebolloso-Fuentes, *Composition and Analysis Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (Lycopersicon esculentum) varieties.* Journal of Food Composition and Analysis journal, 22: pp. 123-129, 2009.

[28] Pinela, J., L. Barros, A.M. Carvalho, and I.C.F.R. Ferreira, *Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (Lycopersicon esculentum L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens.* Food and Chemical Toxicology, 50(3-4): pp. 829-834, 2012.

[29] Halevy, S., H. Koth, and K. Guggenheim, *The vitamin and mineral content of fruits and vegetables grown in Israel.* British Journal of Nutrition, 11(04): pp. 409, 2007.

[30] Prasad, A.S., *An Antioxidant And Anti-Inflammatory Agent: Role Of Zinc In Degenerative Disorders Of Aging.* ournal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2014.

[31] Silvestro, R.D., *Zinc in relation to diabetes and oxidative disease.* J Nutr, 130: pp. 1509S-1511S, 2000.

[32] Houston, M., *The importance of potassium in managing hypertension.* Curr. Hypertens. Rep. , 13(4): pp. 309-317, 2011.

[33] Whelton, P. and J. He, *Potassium in preventing and treating high blood pressure.* Semin. Nephrol, 19: pp. 494-499, 1999.

[34] Flood, A., U. Peters, N. Chatterjee, J.J. Lacey, C. Schairer, and and Schatzkin A., *Calcium from Diet and supplements is associated with reduced risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women.* Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention, 14(1): : pp. 126-132, 2005.

[35] P. Fournier and Y. Dupuis, *Métabolisme minéral des mammifères.* Eléments de Nutrition Dynamique. Edition personnelle. Volume VIII, 2009.

[36] Laurant P. and R.M. Touyz, *Physiological and pathophysiological role of magnesium in the cardiovascular system: Implication in hypertensive. .* J. Hypertens 18, 1177-1191, 2000.

[37] Widman L., Wester PO., Stegmayr BG., and M.P. Wirell., *The dose dependant reduction in blood pressure through administration of magnesium: A double blind placebo controlled cross-over trial. .* Am. J. Hypertens 6, 41-45, 1993.

[38] Raffo, A., C. Leonardi, V. Fogliano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida, and G. Quaglia, *Nutritional value of cherry tomatoes (Lycopersicon esculentum cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(22): pp. 22, 2002.

[39] Carr, A. and B. Frei, *Does vitamin C act as a pro-oxidant under physiological conditions.* The FASEB Journal, 13: pp. 1007-24, 1999.

[40] Kelly, F., *L'utilisation des antioxydants dans la prévention et le traitement de la maladie.* Journal de la Fédération internationale de chimie clinique, IFCC 10 (1) :: pp. 21-3 PMID 10181011, 1998.

[41] Mayne, S., *Nutriments antioxydants et les maladies chroniques : l'utilisation de biomarqueurs d'exposition et état de stress oxydatif dans la recherche épidimiologique.* Le Journal de la nutrition 133 Supp1 3 : 940S. 933S PMID 12612179., 2003.

[42] Burns, J., Paul, D., Fraser, P., Bramley, M., *Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables.* Phytochemistry, 62: pp. 939-947, 2003.

[43] Khachik, F., L. Carvalho, P.S. Bernstein, J. Garth, D.Z. Muir, N.B. Katz, and . , *Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health.* Experimental Biology and Medicine, 227: pp. 845-851, 2002.

[44] Schierle, Bretzel W, Buhler I, Faccin N, Hess D, Steiner K, and S. W., *Contents and isomeric ratio of lycopene in food and human plasma.* Food Chemistry, 59: pp. 459:465, 1996.

[45] Gross, J., *Pigments in fruits.* London: Academic Press, 1987.

[46] Abushita, A.A., H.G. Daood, and P.A. Biacs, *Change in Carotenoids and Antioxidant Vitamins in Tomato as a Function of Varietal and Technological Factors.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: pp. 2075−2081, 2000.

[47] Binoy, G., Kaur C., D.S. Khurdiya, and H.C. Kapoor, *Antioxidants in tomato (Lycopersium esculentum) as a function of genotype.* Food Chemistry, 84: pp. 45-51, 2004.

[48] Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., Fogliano, V., *Antioxidative Activity and Carotenoid and Tomatine Contents in Different Typologies of Fresh Consumption Tomatoes.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: pp. 4723-4727, 2000.

[49] Strazzullo, G., De Giulio, A., Tommonaro, G., La Pastina, C., Poli, A., Nicolaus, B., De Prisco, R., Saturnino, C , , *Antioxidative activity and lycopene and beta-carotene contents in different cultivars of tomato (Lycopersicon esculentum).* International Journal of Food Properties, 10: pp. 1-9., 2007.

[50] Hinneburg, I., Neubert, R.H., *Influence of extraction parameters on the phytochemical characteristics of extracts from buckwheat (Fago- pyrum esculentum) herb.* Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53: pp. 3-7, 2005.

[51] Mukhopadhyay, S., Luthria, D.L., Robbins, R.J., *Optimization of extraction process for phenolic acids from black cohosh (Cimicifuga racemosa) by pressurized liquid extraction.* Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: pp. 156-162, 2006.

[52] Borguini, R., Torres, E., *Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants.* Food Reviews International, 25: pp. 313-325, 2009.

[53] Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., Pellegrini, N.. *Antioxidant nutritional quality of tomato.* Molecular Nutrition & Food Research, 51: pp. 609-617, 2007.

[54] Balasundram N., K. Sundram.;, and S. S.;, *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurence,*

and potential uses. Food Chem. Toxicol, 99: 191-203. , 2006.

[55] Dai, J. and R.J. Mumper, *Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties, Molecules.* 15(10): 7313-7352, 2010.

[56] Obrenovich, M.E., Nair N. G., Beyaz A., A. G., and R.V. P.. *The Role of Polyphenolic Antioxidants in Health, Disease, and Aging.* Rejuvenation Research 13(6): 1-13, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 926-937
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

RESISTANCE DU SORGHO (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) AUX LEPIDOPTERES FOREURS DE TIGES: CAS DES VARIETES LOCALES DE CONTRE SAISON DANS LA REGION DE L'EXTREME-NORD, CAMEROUN

[RESISTANCE OF SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) TO LEPIDOPTEROUS STEM BORERS: CASE OF OFF SEASON LOCAL VARIETIES IN THE FAR NORTH REGION OF CAMEROON]

Djodda Jacques[1], Nukenine Nchiwan Elias[2], Ngassam Pierre[3], and Djilé Bouba[4]

[1]Université de Maroua, Faculté des Sciences, BP 46, Cameroon

[2]Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, BP 454 Ngaoundéré, Cameroon

[3]Université de Yaoundé I, Laboratoire de Biologie générale, Cameroon

[4]Institut de Recherches Agricoles pour le Développement, BP 33 Maroua, Cameroon

Copyright © 2019 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: Among cereals, Sorghum is the most consumed as food in the Far North of Cameroon. *Muskuwari*, the off season sorghum, likely is attacked by stem borers (*Sesamia cretica* Lederer), which compromise its yield and reduce cereal supply. And yet ecological control measures to reduce losses are still little known. In order to identify resistant local accession of *Muskuwari*, tests in a Completely Randomized Block design was carried out on ten local varieties under natural infestations during the 2012 and 2013 agricultural campaign. Degrees of infestation were estimated by visual observation and destructive methods. Each year, Seed losses in term of percentage of total harvest loosed, were estimated from 30 ears per variety randomly selected from infested and uninfected. The results showed a large variation in agronomic performance depending on the parameters considered. *Mandouéri*, *Bourgouri*, *Tchangalari* and *Soukatari* with infestation rates ranging from 4% to 11% and seed losses ranging from 0.96% to 23.42% are more tolerant or resistant than other varieties while *Safra's* varieties are always the most susceptible to stem borers with over to 40% seed loss. Therefore, there are resistant or tolerant varieties of *Muskuwari* able to cope with the attacks of stem borers not exploited to mitigated damages. Since varietal resistance is an ecological and easily adoptable option, investigations that could lead to *Muskuwari* varietal improvement could boost cereal supply.

KEYWORDS: Muskuwari, varieties locales, *Sesamia cretica* (Lederer), Diamaré-Maroua.

RÉSUMÉ: Le sorgho constitue la première céréale consommée comme aliment par les populations à l'extrême-nord du Cameroun. Le *Muskuwari,* variété de sorgho produite pourtant en saison sèche, est attaqué par les foreurs de tiges (*Sesamia cretica* Lederer) qui compromettent son rendement et réduisent l'offre en céréale. Et pourtant des mesures de lutte écologique pour réduire les pertes sont encore peu connues. Pour une identification des lignées résistantes de *Muskuwari*, des essais dans un dispositif en Bloc Complètement Randomisé sur dix variétés traditionnelles sous infestations naturelles ont été conduits pendant les campagnes agricoles 2012 et 2013. Les degrés de sévérité ont été estimés par des méthodes d'observation visuelle et destructive. Les pertes en graines ont été estimées à partir de 30 épis par variété choisis au hasard dans les populations des plantes infestées et non infestées. Il en découle une grande variation des comportements agronomiques variétaux selon les paramètres considérés. *Mandouéri*, *Bourgouri*, *Tchangalari* et *Soukatari* avec des taux d'infestation pouvant varier de 4% à

Corresponding Author: Djodda Jacques

11% et des pertes en graines variant de 0,96% à 23,42% sont plus tolérantes ou résistantes que les autres variétés alors que les variétés *Safra* sont toujours les plus susceptibles aux foreurs de tiges avec plus de 40% de perte en graines. Il existe donc des variétés de *Muskuwari* résistantes/tolérantes à même de faire face aux attaques des foreurs encore mal inexploité. La résistance variétale étant une option écologique et facilement adoptable, des investigations pouvant aboutir à la l'amélioration variétale de *Muskuwari* pourrait booster l'offre en céréale.

MOTS-CLEFS: *Muskuwari*, local varieties, *Sesamia cretica* (Lederer), Diamaré-Maroua.

1 INTRODUCTION

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), 5e céréale après le blé (*Triticum aestivum),* le riz (*Oryza sativa*)*,* le maïs (*Zea mays*) *et le* barley *(*Hordeum vulgare) constitue avec le Maïs et le mil *(Pennisetum glaucum* L.) la première céréale sèche des zones semi-arides des régions tropicales. Il est produit dans plus de 86 pays sur une superficie de plus de 38 millions d'hectares [1]. Elle est produite à travers le monde pour ses graines, pour sa teneur en sucre et pour ses qualités fourragères [2], [3]. Dans l'Extrême-Nord du Cameroun où le sorgho (*Muskuwari*) est aussi produit en contre-saison sans irrigation, il constitue la première céréale consommée comme aliment. Le *Muskuwari* vient donc en complément à la production pluviale du sorgho pour réguler sa disponibilité. Avec la demande en céréale de plus en plus croissante, corollaire de la démographie galopante des pays africains, des efforts considérables sont à fournir pour l'augmentation de sa production et de sa conservation [4], [5] à travers le monde. Le *Muskuwari* malgré qu'il soit produit en saison sèche est en butte aux attaques des Lépidoptères foreurs de tiges, principaux ravageurs dans la zone soudano-sahélienne [6], [7]. Sans mesures de lutte phytosanitaire, option pas toujours à la portée des producteurs africains ; les dégâts, variables selon les saisons agricoles et selon les pratiques culturales (date de repiquage, variété du sorgho, technique de repiquage et les facteurs climatiques tels la température et l'humidité relative), peuvent aller jusqu'à la perte des plus de 60% de la production [8]. Et pourtant des mesures alternatives de mitigation de leurs dégâts sont encore peu connues. L'utilisation des variétés résistantes constitue alors une bonne option en raison de son côté pratique pour les paysans et sa compatibilité avec les autres méthodes de lutte contre les ravageurs. Cette option est d'autant plus efficace que la sélection est faite dans les variétés traditionnelles qui ont l'avantage d'être préadaptées. Notre travail a donc pour objectif principal la détection parmi les variétés traditionnelles de *Muskuwari* la ou les variétés pouvant donner de bon rendement sous infestations naturelles par les Lépidoptères foreurs de tiges par le simple fait de présence des mécanismes de défense naturelles de la plante et de contribuer efficacement à l'établissement d'un plan de lutte intégrée basé sur la composante variétale.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 EXPÉRIMENTATION ET COLLECTE DES DONNÉES

L'expérimentation a été réalisée pendant les campagnes agricoles 2012 et 2013 dans une localité du Département du Diamaré-Cameroun. Elle a consisté en un repiquage en Bloc Complètement Randomisé (BCR) avec trois répétitions de 10 variétés traditionnelles du sorgho *Muskuwari*. Ces variétés que sont *Mandouéri, Bourgouri, Soukatari, Madjéri non-crossé, Safra non-crossé, Soulkéri, Adjagamari, Safra crossé, Tchangalari et Madjéri crossé* ont été retenues pour leurs dominances quasi certaines auprès des populations productrices de du Nord-Cameroun et pouvant représenter plus 90% de la production. Les lignées étaient représentées dans chaque bloc par trois rangers de 45m de long. Les blocs sont séparés les uns des autres par une allée de 2 mètres. Les plantes âgées de 40 jours, repiquées en paire dans des trous d'environ 8cm de profondeur préalablement rempli d'eau, sont séparées sur la ligne d'une distance de 90cm et d'un mètre entre les lignes. L'entretien (Coroto en *fulfuldé*) s'est fait de manière manuelle à deux semaines et à quatre semaines après le repiquage.

Pour chaque campagne, la collecte des données s'est faite trois mois après le repiquage, à la phase de la maturation ou de récolte des plantes et les degrés de sévérité d'infestation variétale sont évalués comme étant la proportion des plantes infestées par variété et par bloc. Trente (30) épis sont ensuite sélectionnés au hasard par variétés et par groupe (plantes infestées, plantes non infestées) dans chaque bloc. Les trous sur les tiges des plantes infestées débarrassées complètement des feuilles sont comptés, la longueur des galeries par plante mesurée et les juvéniles des foreurs présents collectées et identifiées au rang d'espèce. Les épis sont aussi battus individuellement et les graines sont pesées pour l'estimation des pertes en graines (PG) donnée par la formule suivante :

$$\text{P G (\%)} = \frac{\text{Récolte en } \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ des plantes non infestée} - \text{Récolte en } \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ des plantes infestées}}{\text{récolte en kg/ha des plantes non infestées}} \text{ x } 100$$

2.2 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Les données ont été saisies et classées d'abord au moyen du tableur Excel puis analysées grâce aux Logiciels XLSTAT (Version 2013.5.08). Après des transformations logarithmiques ($\log_n$) des données à distribution non normale, des tests d'Analyse de Variance à plusieurs facteurs (variétés, bocs et années) suivi des tests Post hoc ont été réalisés à un seuil de signification de 95%. Des comparaisons multiples des moyennes grâce au test de Turkey (HD) ont été ensuite nécessaires pour identifier des couples de valeurs qui diffèrent significativement à un seuil de signification de 95%. Une Analyse en Composante Principale (ACP) a été nécessaire pour vérifier les degrés d'interaction éventuelle entre les paramètres.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 DEGRÉ DE SÉVÉRITÉ D'INFESTATION

Notre essai dans le Diamaré, principal bassin de production du *Muskuwari*, sur un site choisi pour sa forte pression des foreurs constatée, met en évidence la variété *Safra crossé* comme étant la plus infestée avec un degré d'infestation de 17% et 16% respectivement en 2012 et en 2013. Les variétés *Mandoueri* et *Bourgouri* ont montré des degrés d'infestation les plus bas avec respectivement 4% et 7% en 2012 et 5% pour les deux variétés en 2013. Les variétés *Madjeri-non crossé* et *Soulkeri* enregistrent un même degré d'infestation (8%) pour les deux années (figure ci-dessous).

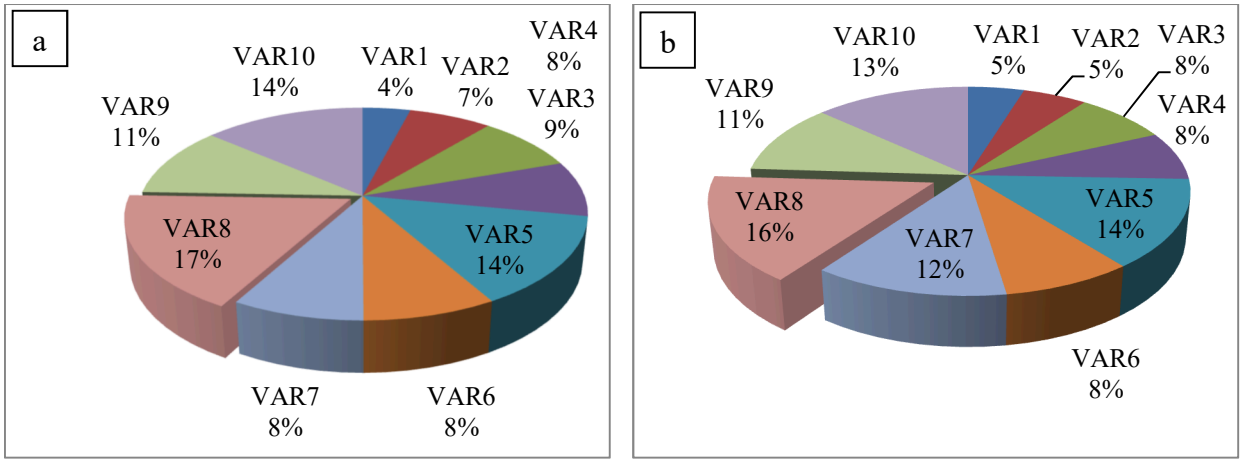


Fig. 1. Degré de sévérité d'infestation variétale des dix variétés traditionnelles de sorghos repiqués (a et b, en 2012 et 2013 respectivement). Légende : VAR1-Mandouéri ; VAR2- Bourgouri ; VAR3- Soukatari ; VAR4- Madjéri non-crossé ; VAR5- Saf40 non-crossé ; VAR6- Soulkéri ; VAR7- Adjagamari ; VAR 8- Saf40 crossé ; VAR9- Tchangalari ; VAR10- Madjéri crossé.

Dans les relations conflictuelles plantes-insectes plusieurs facteurs entrent en jeu pour une inclinaison de l'équilibre en faveur des uns ou des autres. Les facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires [9], [10] et les caractères physiques des plantes [11] [12], variables selon les variétés, entrainent une variabilité des performances selon les contextes agro-climatiques de production. Les niveaux d'infestation variétale, pourraient s'expliquer par les mauvaises pratiques culturales, tel que la production monovariétale qui favorise l'infestation par les ravageurs. Dans un champ de cannes à sucre sous infestation naturelle par le foreur *Eldana saccharina*, Pené et collaborateurs ont mis en évidence en 2016 [13] des niveaux d'infestation variables selon les apports en azote aux huit variétés commerciales, le plus grand niveau d'infestation étant observé avec un apport élevé en azote. Le sorgho est de la même famille botanique que la canne à sucre, la teneur en minéraux du sol étant rarement homogène d'un point à l'autre et la capacité de mobilisation des minéraux aussi variable selon les génotypes en présence, il s'en suivra alors des niveaux d'infestation variables. Ces comportements variétaux traduiraient des niveaux de résistances variés des différentes variétés traditionnelles de sorgho repiqué. Cheng et collaborateurs [14] évaluant

les comportements de douze variétés de sorgho pluvial pour la résistance aux phytophages *Diatraea grandiosella* et *Spodoptera frugiperda*, ont mis en évidence une forte corrélation entre le niveau de la résistance des différentes lignées de sorgho et la teneur en sucre soluble et en dhurrin dans les feuilles. La résistance des lignées était justifiée par les proportions du dhurrin et de l'Acide Jasmonique des différentes variétés. Ainsi, des dispositions chimiques et physiques des différentes variétés auraient aussi induit des niveaux d'infestation variables. La résistance d'une plante de sorgho repiqué peut être évaluée à différents niveau de développement et à travers plusieurs paramètres (nombre de trous sur les tiges, nombre de chenilles par plante, la longueur des galeries par plantes), une plante résistante à un stade phénologique de son développement pouvant être susceptible à un autre.

3.2 POURCENTAGE DE CŒURS-MORTS

Les larves des foreurs, après l'éclosion, s'alimentent sur les jeunes feuilles de leurs plantes hôtes entrainant parfois la destruction du bourgeon terminal connue sous le terme de cœur-mort. Ce phénomène est à l'origine d'une baisse de densité des plantes. Le tableau 1 donne les différentes valeurs moyennes.

Tableau 1. Pourcentage de Cœurs-Morts (CM) et des Pertes en Graines (PG)

Variété	% de CM 2013 /2012	% de PG 2013/2012
V1 - *Mandouéri*	4,58/6,21	3,49/10,94
V2 - *Bourgouri*	9,80/12,09	2,44/2,87
V3 - *Soukatari*	9,37/8,28	9,29/10,67
V4 - *Madjéri non-rossé*	10,68/9,80	10,23/12,29
V5 - *Saf40 non-crossé*	12,85/10,68	40,76/38,64
V6 - *Soulkéri*	10,35/10,78	18,62/23,42
V7- *Adjagamari*	22,33/21,02	13,16/18,53
V8- *Saf40 crossé*	10,24/15,90	37,89/39,06
V9- *Tchangalari*	13,51/14,16	7,25/0,96
V10- *Madjéri rossé*	17,32/17,21	10,95/18,40

Il en ressort ainsi des taux de CM et de PG variés et selon les années, toutes fois on constate que les variétés *Mandouéri et Bourgouri* avec des taux de CM respectifs de 4,58% et 9,37 en 2013 et de 6,61% et 8,28% en 2012, enregistrent les taux de destruction du méristème apical les plus bas; par contre la variété *Adjagamari* qui enregistre 22,33% et 21,02% respectivement en 2013 et en 2012 se singularise avec des taux les plus élevés de destruction des bourgeons apicaux. *Tchangalari*, malgré un taux moyen de destruction des méristèmes apicaux enregistre le taux le plus bas de perte en graines (0,96 en 2012 et 7,25 en 2015). Renburg et Berg en 1992[15] étudiant les types de dommages dus aux foreurs sur le sorgho après la levée ont aussi mis en évidence une variation de proportion de cœurs-morts dans le temps, selon les variétés et selon les espèces de foreurs en présence ; Le *Muskuwari* commence son cycle au moment où le sorgho pluvial arrive à maturation, il assure ainsi la disponibilité d'hôte à la dernière génération de foreurs développés sur le sorgho pluvial. La production du *Muskuwari* implique une transplantation de la pépinière à la zone de production, ce qui accentuerait le développement de CM car la plante à la reprise se trouve affaiblie physiologiquement. Une forte corrélation avec le nombre total des larves par plantes a été par ailleurs démontrée. Taneja et Leuchner [16] ont aussi démontré une forte corrélation négative de ce paramètre avec le rendement et la densité des plantes par unité de surface. Pour une sélection variétale pour la résistance aux foreurs ce critère devrait principalement être mis en première ligne.

3.3 NOMBRE DE TROUS PAR PLANTE

Dans une infestation par plusieurs espèces dans les conditions naturelles, il en résulte des trous multiples sur les tiges pouvant varier d'une variété à l'autre selon le niveau de résistance de la plante. Les tableaux 2 et 3 suivants représentent respectivement les résultats d'analyse de variances des valeurs moyennes des trous par plante en station expérimentale et le résultat d'analyse Post-Hoc de ces mêmes valeurs moyennes.

Tableau 2. ***Analyse des variances des valeurs moyennes des trous par plante à un intervalle de confiance de 95%***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	41	10543,381	257,156	5,648	< 0,0001
Erreur	1758	80036,019	45,527		
Total corrigé	1799	90579,399			

Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)

Tableau 3. ***Tableau d'analyse Post-Hoc des valeurs moyennes des nombre de trous par plante à un intervalle de confiance de 95%***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Année	1	266,805	266,805	5,860	**0,016**
Bloc	2	171,148	85,574	1,880	0,153
Variétés	9	7846,605	871,845	19,150	**< 0,0001**
Année*Bloc	2	181,303	90,652	1,991	0,137
Années*Variété	9	260,156	28,906	0,635	0,768
Bloc*Variété	18	1817,363	100,965	2,218	**0,002**

DDL : Degré de Liberté

Les valeurs moyennes des trous par plante présentent des variances toutes d'une différence statistiquement significative, p-value (<0,0001) étant inférieur à α = 0,05 (voir tableau 6). Ce qui traduit une disparité dans les niveaux de résistance des différentes variétés de sorgho repiqué. Il en ressort de l'analyse Post-Hoc que seul l'effet croisé de l'année d'expérimentation et du bloc a montré de différences statistiquement significatives et à un seuil de signification de 95% (p-values = 0,002). Ces résultats mettent en exergue d'une part, les niveaux variés d'antibiose des différentes variétés et d'autre part, l'influence des facteurs climatiques sur les performances agronomiques et biologiques des plantes et ses ravageurs. Chaque espèce biologique ayant un préférendum écologique pour une expression optimum de chacun de ses traits de vie, selon les variations climatiques et les niveaux de résistance des plantes aux attaques des ravageurs, les dégâts en seront sont aussi conséquents. Le graphique de variations des valeurs moyennes des trous ci-dessus nous permet de singulariser les variétés *Tchangalari* et *Safra non crossé* comme les variétés ayant présenté une valeur moyenne de trous plus basse variant de 9,88 à 11,06 pendant les deux années alors que, la variété *Soukatari* est celle qui a toujours présenté une valeur moyenne la plus élevées sur les deux années (16,62 en 2013 et 17,2 en 2012). Ces valeurs sont par ailleurs très proches statistiquement de celles enregistrées sur les deux années par les variétés *Madjeri non-crossé* (10,19 en 2013 et 11,03 en 2012) et *Adagamari* (12,34 en 2013 et 12,10 en 2012).

Tableau 4. ***Comparaisons par paire des valeurs moyennes des nombres de trous sur les différentes variétés.***

	Année 2013		Année 2012	
variété	Variance (n)	Moyenne ± écart-type (n)	Variance (n)	Moyenne ± écart-type (n)
Tchangalari	18,754	9,156±4,331^{a}	14,119	11,056±3,758^{a}
Saf40 non-crossé	20,263	9,878±4,501^{ab}	26,211	11,011±5,120^{a}
Madjéri non-crossé	25,487	10,189±5,048^{ab}	34,899	11,033±5,908^{a}
Madjéri crossé	41,628	11,489±6,452^{ab}	52,687	12,589±7,259^{a}
Adjagamari	33,470	12,344^{a}±5,785^{abc}	33,090	12,100±5,752^{a}
Bourgouri	23,825	12,444^{a}±4,881^{abc}	26,279	13,744±5,126^{ab}
Mandouéri	40,428	12,500^{a}±6,358^{abc}	45,672	13,478±6,758^{ab}
Soulkéri	235,854	13,300±15,358^{bcd}	32,146	12,378±5,670^{a}
Saf40 crossé	51,952	15,122±7,208^{cd}	56,196	16,067±7,496^{bc}
Soukatari	49,324	16,622±7,023^{d}	51,117	17,289±7,150^{c}

NB : *dans une colonne, les nombres présentant en exposant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents statistiquement dans un intervalle de confiance des 95%.*

La comparaison deux à deux des valeurs moyennes des trous enregistrés en 2013 et en 2012 pour les différentes variétés traditionnelles de sorgho repiqué, grâce au test de Tukey (HSD) et à un degré de confiance de 95% (tableau 4) nous permet de repartir les dix variétés traditionnelles en trois groupes dont les différences des valeurs moyennes des modalités sont statistiquement non significatives au sein d'un même groupe. Il s'agit des groupes constitués par les variétés *Tchangalari*, *Safra non-crossé* , *Madjéri non-crossé* et *Madjéri crossé* (moyennes comprise entre 9,156 et 11,489) pour le premier ; du groupe constitué des variétés *Adjagamari*, *Bourgouri* et *Mandouéri* (valeurs moyennes comprise entre 12,344 et 12,500) pour le deuxième et du groupe constitué des variétés *Soulkéri*, *Safra crossé* et *Soukatari* (moyennes comprise entre 13,300 et 16,622) pour le troisième en 2013. Les valeurs moyennes des variétés du troisième groupe sont toutes significativement différentes de celles des variétés du deuxième groupe sauf pour la variété *Soulkéri*. Les valeurs moyennes enregistrées en 2012 pour ce paramètre nous permettent également à la suite de cette comparaison de distinguer trois groupes : le premier constitué des variétés *Tchangalari*, *Madjéri crossé*, *Adjagamari*, *Soulkéri*, *Safra non-crossé* et *Madjéri non-crossé* avec des valeurs moyennes comprise entre 11,011 et 12,59 ; le deuxième constitué des variétés *Mandouéri* et *Bourgouri* avec de valeurs moyennes respectives de 13,478 et de 13,744 ; le troisième groupe constitué des variétés *Soukatari* et *Safra crossé* avec des valeurs moyennes respectives de 17,289 et de 16,067 ; les valeurs moyennes des variétés du troisième groupe étant toutes d'une différence statistiquement significative de celles des variétés du deuxième groupe.

Il ressort aussi de ce tableau d' analyse des variations des valeurs moyennes des trous pour les différentes variétés traditionnelles que, les variétés *Tchangalari*, *Safra non-crossé* et *Madjéri non-crossé* ayant présenté des degrés moyens d'infestation et des nombres moyens de trous les plus bas, aux différences statistiquement non significatives, pourraient avoir des dispositions d'une défense mécanique pouvant réduire la pénétration des larves des foreurs dans les tiges. Selon Bessin et collaborateurs [17] et Van den Berg [18], plus le nombre de trous est bas, témoin de l'aptitude des foreurs à achever leur cycle, plus faible sera le « *moth production index* » ; ce qui contribue pour beaucoup dans la réduction des niveaux de dégâts. Ce constat témoigne du niveau d'antibiose varié des différentes variétés et appelle à la compréhension des rôles des constituants chimiques de la plantes dans la résistance mécanique des plantes du sorgho repiqué. Plusieurs travaux antérieurs ont mis en évidence le rôle de la Silice dans les mécanismes de défense de la plante ; la Silice agirait directement ou indirectement pour réduire les dommages dus aux insectes ([19], [20], [21], [22], [23], [24]). Dans le contexte socioéconomique de la Région de l'extrême-Nord où la demande en fourrages est élevée, ce paramètre permet un choix judicieux de la variété ou des variétés de sorgho repiqué pour un usage des produits secondaires comme fourrage.

3.4 NOMBRE DE CHENILLES PAR PLANTE ET PAR VARIÉTÉS DE SORGHO

Les travaux antérieurs ([6], [25], [26]) ont mis en évidence la prédominance de *Sesamia cretica (Lederer)* (Lederer) coexistant avec les espèces *Sesamia calamistis et Sesamia poaphaga* sur le sorgho repiqué dans la zone soudano-sahélienne en général et dans l'Extrême-nord en particulier. Dans notre expérimentation pour la résistance variétale du sorgho repiqué, seul les nombres de chenilles de *Sesamia cretica* (Lederer) prise isolement et le nombre total de chenilles (toues espèces confondues) enregistré par variété et par année ont été soumis à l'analyse, *Sesamia calamistis* (moyenne = 0,07 et moyenne = 0,05 respectivement en 2012 et en 2013) et *Sesamia poaphaga* (moyenne = 0,11 en 2012et en 2013) pourtant signalées, avec des nombres moyens annuels presque tous inférieurs à la dixième, n'ont pas été prises en compte.

Tableau 5. Analyse de variance des valeurs moyennes des chenilles de l'espèce Sesamia cretica (Lederer) à un seuil de signification de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	41	918,371	22,399	6,868	< 0,0001
Erreur	1758	5733,762	3,262		
Total corrigé	1799	6652,133			

Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)

Tableau 6. Analyse de variance des valeurs moyennes des chenilles de (toutes les espèces confondues) à un seuil de signification de 5%.

Source	**DDL**	**Somme des carrés**	**Moyenne des carrés**	**F**	**Pr > F**
Modèle	41	984,128	24,003	6,546	< 0,0001
Erreur	1753	6427,547	3,667		
Total corrigé	1794	7411,675			

L'analyse des variances de ces deux paramètres démontrent des différences toutes statistiquement significatives au seuil de signification de 5% ; les p-values (< 0,0001) étant tous inférieurs à $\alpha = 0,05$ (voir tableaux 5 et 6). Ce qui traduirait une disparité dans les niveaux de résistance des différentes variétés de sorgho repiqué. L'analyse Post-Hoc met en évidence des différences toutes statistiquement significatives au seuil de signification α (p-values < $\alpha = 0,05$) que soit pour le nombre de chenilles de l'espèce *S. cretica* (Lederer) (tableau 7) ou pour les nombres totaux des chevilles (tableau 8).

Tableau 7. ***Tableau d'analyse Post-Hoc pour l'effet croisé de la variété, de l'année et de l'effet bloc sur le nombre de chenilles de S. cretica (Lederer) au seuil de signification de 5%.***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Année	1	97,534	97,534	29,904	< 0,0001
Bloc	2	43,471	21,736	6,664	0,001
Variété	9	548,227	60,914	18,677	< 0,0001
Année*Bloc	2	40,938	20,469	6,276	0,002
Année*Variété	9	74,716	8,302	2,545	0,007
Bloc*Variété	18	113,484	6,305	1,933	0,011

DDL= Degré de Liberté

Tableau 8. ***Tableau Post-Hoc pour l'effet croisé de la variété, de l'année et de l'effet bloc sur les nombres totaux de chenilles au seuil de signification de 5%.***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Année	1	105,439	105,439	28,757	< 0,0001
Bloc	2	59,453	29,727	8,107	0,000
Variété	9	581,388	64,599	17,618	< 0,0001
Année*Bloc	2	41,070	20,535	5,601	0,004
Année*Variété	9	77,625	8,625	2,352	0,012
Bloc*Variété	18	119,153	6,620	1,805	0,020

DDL = Degré de Liberté

Le développement des populations des chenilles sur les différentes variétés traditionnelles de sorgho repiqué est tributaire des effets croisés des facteurs climatiques et de la résistance variétale elle-même tributaire des prédispositions génétiques ; à ces facteurs s'ajoutent donc les mécanismes de contournement de la défense des plantes développés par les ravageurs dans cette relation coévolutive et conflictuelle. Il s'en suit alors des niveaux de populations des chenilles pouvant varier selon les niveaux de défense variétale du sorgho repiqué et des conditions du milieu.

Par ailleurs, la variété *Madjéri non-crossé* abrite toujours le plus grand nombre de chenilles. Les valeurs moyennes des chenilles de l'espèce *S. cretica* (Lederer) enregistrées par plante de cette variété étaient de 1,92 et de 2,89 respectivement en 2013 et en 2012 ; celles de toutes les chenilles de foreurs par plante de cette variété étaient de 2,044 et de 3,044 respectivement en 2013 et 2012. Par contre les variétés *Madjéri crossé* et *Bourgouri* sont celles qui abritent toujours le plus petit nombre de chenilles par plante que se soit pour les chenilles de *S. cretica* (Lederer) ou de toutes les chenilles de foreurs des tiges. Ces valeurs (moyennes de chenilles des foreurs et de l'espèce *S. cretica* (Lederer), toujours minimales sont proches de celles enregistrées les variétés Soukatari et *Safra non-crossé*. Il en ressort également que la variété *Soukatari*, ayant présenté un nombre moyen de trous élevé, statistiquement différent des valeurs moyennes enregistrées par les autres variétés en 2013 et en 2012, présente des nombres moyens des chenilles des foreurs et de celles de l'espèce *S. cretica* (Lederer) presque constant et toujours statistiquement non différents des valeurs moyennes les plus basses, présageant l'existence d'une défense chimique des ces variétés *Bourgouri*, *Soukatari* et *Safra non-crossé* à l'origine d'une mortalité élevée des larves ayant réussi la pénétration des tiges. Une comparaison deux à deux des moyennes du nombre de chenilles de l'espèce *Sesamia cretica (Lederer)* ou de toutes les chenilles des foreurs enregistré en 2013 et en 2012, grâce au test de Tukey (HSD) à un intervalle de confiance de 95%, nous permet distinguer les couples de valeurs ou des groupes de valeurs moyennes statistiquement non significativement différentes (voir Tableau 9et 10).

Tableau 9. ***Tableau de comparaisons des valeurs moyennes de chenilles de Sesamia cretica Lederer sur les différentes variétés de sorgho repiqué.***

	2013		2012	
Variété	Variance (n=90)	Moyenne ± écart-type n=90)	Variance (n=90)	Moyenne ± écart-type (n=90)
Bourgouri	1,228	0,711±1,108^{a}	2,237	1,089±1,496^{ab}
Madjéri crossé	1,201	0,767±1,096^{ab}	1,099	0,700±1,048^{a}
Saf40 non-crossé	2,217	0,778±1,489^{ab}	4,041	1,122±2,010^{abc}
Soukatari	1,835	0,856±1,355^{ab}	2,432	0,889±1,560^{ab}
Mandouéri	2,731	1,189±1,653^{abc}	2,512	1,233±1,585^{abc}
Soulkéri	2,517	1,289±1,586^{abc}	4,200	2,578±2,049^{de}
Tchangalari	3,454	1,300±1,859^{abc}	5,029	1,756±2,243^{bcd}
Adjagamari	3,693	1,533±1,922^{bc}	4,054	2,033±2,014^{cde}
Saf40 crossé	4,533	1,667±2,129^{c}	6,591	2,378±2,567^{de}
Madjéri non-crossé	4,516	1,922±2,125^{c}	5,788	2,889±2,406^{e}

NB *: dans une colonne, les nombres présentant en exposant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents statistiquement dans un intervalle de confiance des 95%.*

Tableau 10. ***Tableau de comparaisons deux par deux des valeurs moyennes de nombre chenilles enregistrés en 2013 et en 2012 (toutes les espèces) sur les différentes variétés traditionnelles de sorgho repiqué***

	Année 2013		Année 2012	
Variété	Variance (n=90)	Moyenne ± Ecart-type n=90)	Variance (n=90)	Moyenne ± Ecart-type
Mandouéri	3,191	1,378±1,786^{abc}	3,091	1,444±1,758^{a}
Madjéri crossé	1,351	0,933±1,162^{a}	1,361	0,833±1,167^{a}
Bourgouri	1,293	0,800±1,137^{a}	2,391	1,178±1,546^{a}
Soukatari	2,254	1,033±1,501^{ab}	2,956	1,094±1,719^{a}
Madjéri non-	4,665	2,044±2,160^{c}	6,087	3,044±2,467^{e}
Saf40 non-crossé	2,475	0,944±1,573^{ab}	4,312	1,278±2,076^{a}
Soulkéri	2,668	1,433±1,633^{abc}	4,451	2,756±2,110^{d}
Adjagamari	4,595	1,778±2,144^{bc}	4,790	2,256±2,189^{c}
Saf40 crossé	5,176	1,956±2,275^{c}	6,940	2,644±2,634^{d}
Tchangalari	4,032	1,367±2,008^{abc}	5,919	1,944±2,433^{b}

NB *: dans une colonne, les nombres présentant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents dans un intervalle de confiance des 95%.*

Par contre la variété *Safra crossé*, avec un degré d'infestation élevé, un nombre moyen de trous élevé et un nombre moyen de chenilles aussi important se décline comme étant une variété susceptible aux attaques des Lépidoptères foreurs de tiges. [27] Perrot *et al.* (2002) ont aussi trouvé cette variété traditionnelle très sensible aux attaques des foreurs des tiges quoique appréciée par les paysans.

Les tableaux ci-dessus nous laissent voir que les variétés traditionnelles de sorgho repiqué peuvent être groupées en quatre catégories selon leur performance agronomique (capacité à influencer le développement de larves des foreurs de tige) : la première catégorie comporte les variétés *Madjéri crossé*, *Soukatari*, *Mandouéri*, *Safra non-crossé* et la variété *Mandouéri*. La deuxième comporte les variétés *Mandouéri* et la variété *Tchangalari*. La troisième comporte les variétés *Adjagamari*, *Soulkéri* et *Safra* crossé. La quatrième comprend les variétés *Safra* crossé et la variété *Madjéri non-crossé*. Ces groupes de variétés aux valeurs moyennes de chenilles toutes proches présenteraient donc presque les mêmes niveaux de résistance ayant des effets négatifs sur le développement des larves des foreurs.

3.5 LONGUEUR DE GALERIE PAR PLANTE

Les chenilles après avoir pénétré la tige, s'y alimentent en réalisant des galeries qu'elles remplissent de leurs déjections. Ces galeries entravent la bonne distribution des sèves à l'origine des baisses des rendements. Ce paramètre d'infestation, négativement corrélé (r= 0,062 et 0,034 respectivement pour *S. cretica* et Chenille totale) au rendement grainier de plantes sous infestation et qui traduit le niveau des résistances et/ou de tolérance des plantes présenterait des valeurs moyennes variables selon les variétés.

Les résultats nous donnent de constater que les variétés *Bourgouri*, *Soukatari* et *Tchangalari*, ayant pourtant enregistré des valeurs moyennes des foreurs statistiquement non différentes que se soit en 2013 ou en 2012 et toujours plus bas, présentent des longueurs moyennes de galeries par plante les plus élevées pour les mêmes années, alors que la variété 4 ayant présenté un nombre de chenilles par plante toujours élevé présente des longueurs moyennes de galeries par plante les plus basses. Ces résultats pourraient traduire une interaction interspécifique et/ou intraspécifique type compétition au sein des populations des foreurs infestant le sorgho repiqué et qui serait à l'origine des variations des modalités des différents paramètres d'infestation telle que la longueur des galeries.

Une analyse de variance des valeurs moyennes des longueurs de galeries et une analyse post hoc sont présentées dans les tableaux 11 et 12 ci-dessous.

Tableau 11. ***Tableau d'analyse des variances des valeurs moyennes des longueurs de galeries par plante à un seuil de signification de 5%.***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	41	159606,975	3892,853	11,033	< 0,0001
Erreur	1758	620313,746	352,852		
Total Corrigé	1799	779920,721			

Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y) ; DL = Degré de liberté

Tableau 12. ***Tableau d'analyse Post-Hoc des valeurs moyennes des longueurs des galeries par plante pour les effets croisés des différents facteurs à un seuil de signification de 5%.***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Année	1	1485,307	1485,307	4,209	0,040
Bloc	2	281,001	140,501	0,398	0,672
Variété	9	120482,774	13386,975	37,939	< 0,0001
Année*Bloc	2	289,171	144,585	0,410	0,664
Année*Variété	9	3938,628	437,625	1,240	0,266
Bloc*Variété	18	33130,094	1840,561	5,216	< 0,0001

DDL= Degré de liberté.

Il en ressort que, les effets croisés deux à deux des trois facteurs, bloc, année et variété, n'ont montré aucune différence significative pour l'effet croisé Année*Bloc et l'effet croisé Année*Variété, les p-values (0,672 et 0,664 respectivement) étant tous supérieures à α= 0,05. Par contre, l'effet croisé Bloc*Variété met en lumière une différence significative statistiquement, p-value (< 0,0001) étant inférieure à α =0,05. Ces résultats confirment l'existence des variations dans les réactions de défense de chaque variété de plante de sorgho repiqué selon les conditions agroclimatiques qui prévalent. La comparaison deux à deux des valeurs moyennes de ce paramètre pour les différentes variétés est donnée dans le tableau suivant (tableau 13).

Tableau 13. ***Tableau de comparaisons par paires des valeurs moyennes de la longueur des galeries des dix variétés enregistrées en 2013 et en 2012.***

	Année 2013		Année 2012	
Variété	Variance (n=90)	Moyenne ± Ecart-type n=90)	Variance (n=90)	Moyenne ± Ecart-type (n=90)
Mandouéri	90,251	15,439±9,500^{abc}	92,269	16,289±9,606^{a}
Madjéri crossé	289,724	28,616±17,021^{ab}	316,005	30,210±17,777^{bc}
Bourgouri	414,682	38,422±20,364^{a}	488,002	40,466±22,091^{de}
Soukatari	671,718	38,891±25,918^{ab}	671,646	43,303±25,916^{c}
Madjéri non-crossé	310,117	22,107±17,610^{c}	347,394	22,919±18,639^{ab}
Saf40 non-crossé	380,423	28,138±19,504^{ab}	454,591	29,958±21,321^{bc}
Soulkéri	120,887	19,807±10,995^{abc}	262,630	20,081±16,206^{a}
Adjagamari	234,536	25,416±15,315^{bc}	279,915	24,142±16,731^{abc}
Saf40 crossé	575,930	34,450±23,999^{c}	565,502	32,844±23,780^{cd}
Tchangalari	397,348	33,269±19,934^{abc}	303,254	42,509±17,414^{e}

Il en ressort que les variétés *Soukatari*, *Bourgouri*, *Safra non-crossé* et *Madjéri crossé* présentent en 2013 des valeurs moyennes toutes statistiquement non différentes à un degré de confiance de 95%. Ce premier groupe constitué de ces quatre variétés ci-dessus présente par ailleurs des valeurs moyennes toutes statistiquement d'une différence significative au même degré de confiance avec les valeurs moyennes enregistrées au cours de la même année par les variétés *Mandouéri*, *Soulkéri* et *Tchangalari* constituant un deuxième groupe au sein duquel les valeurs moyennes sont toutes statistiquement non significatives. Le troisième groupe constitué des variétés *Adjagamari*, *Madjéri non-crossé* et *Safra crossé* présente également des valeurs moyennes enregistrées en 2013 toutes statistiquement non significativement différentes dans un intervalle de confiance de 95%. On constate par contre que certaines variétés de ce groupe présentent des valeurs moyennes statistiquement non significativement différentes des valeurs moyennes enregistrées en 2013 par certaines variétés des deux premiers groupes. Il s'agit de la variété *Adjagamari* dont la valeur moyenne de la longueur des galeries est statistiquement non significativement différente de celles enregistrées par les variétés *Safra non-crossé* et *Madjéri crossé* du premier groupe et de celle des variétés *Mandouéri* et *Soulkéri* du deuxième groupe.

Les valeurs moyennes des longueurs de galeries enregistrées par les différentes variétés en 2012 nous permettent également de constituer des groupes de variétés *Mandouéri*, *Soulkéri*, *Madjéri non-crossé* et *Adjagamari* pour le premier, de *Bourgouri*, *Soukatari* et *Tchangalari* pour le second avec des valeurs moyennes plus élevées. Le troisième groupe comprend les variétés *Safra non-crossé*, *Safra crossé* et *Madjéri* crossé. La variété *Soukatari*, qui avait déjà présenté un nombre moyen de trous élevé et un nombre moyen de chenilles statistiquement d'une différence non significative avec la plus petite valeur moyenne, présente des longueurs moyennes des galeries toujours plus élevées et ne présentant aucune différence statistiquement significative entre les années.

Par ailleurs la variété *Mandouéri* est celle qui présente des longueurs moyennes de galerie les plus petites et toujours statistiquement proches sur les deux années mais différant significativement des valeurs moyennes enregistrées par les autres variétés. *Mandouéri* présenterait donc des mécanismes de défense type antibiose qui influencerait le ravageur tant dans son développement que dans sa prise d'aliment. Ces groupes de variétés traditionnelles de sorgho repiqué présenteraient donc le même niveau d'antibiose qui agirait sur le comportement trophique des chenilles, ce qui se traduit par les longueurs des galeries témoins de la voracité des chenilles ayant réussit la pénétration des tiges. Sur les graminées cultivées, la teneur en azote de la plante semble être d'une importance particulière dans l'interaction plantes-foreurs de tiges avec en générale une tendance à une croissance des niveaux d'infestations consécutive à l'augmentation de la teneur en azote dans la plante [28]. La capacité de la plante à mobiliser l'azote du sol étant un caractère variétal, il s'en suivra des niveaux d'infestation variable selon les variétés. De plus, le choix des sites de ponte des foreurs est conditionné par certains paramètres agro morphologiques des plantes.

La sélection variétale du sorgho (pluvial) pour la résistance aux foreurs de tiges (*Chilo partellus* par exemple) est basée sur plusieurs paramètres d'infestation tels que l'ampleur des dégâts sur les feuilles, le nombre des cœurs morts, les trous sur les tiges, la longueur des galeries et la tolérance de la plante qui se traduit par sa capacité à produire des talles secondaires après la destruction du méristème principal [29]. Sur la base des paramètres de sélection retenus ci-dessus, la variété traditionnelle *Mandouéri* caractérisée par de rendements moyens, des graines de couleur orange-clair, une panicule droite et lâche, très

appréciées dans la Région pour réalisation des bouillies et la variété *Soukatari* caractérisée par des rendements élevés, des graines de couleur orange, une panicule crossée et très compact mais d'une qualité gustative médiocre [30] s'avèrent plus résistantes aux foreurs des tiges comparées aux autres variétés évaluées dans les mêmes conditions. Elles ont aussi présenté des faibles pourcentages de pertes en graines (tableau 1). Ces variétés jadis repiquées sur des petites superficies pour des besoins précis pourraient connaitre un essor en raison des contraintes à l'origine des baisses de productions des variétés traditionnelles très appréciées telle que la variété *Safra* avec toujours un pourcentage plus élevé de perte en graines (tableau 1) et ayant représenté environ 85% des surfaces repiquées dans le Nord-Cameroun en 2002 [31]. Ce pendant, il est difficile de procéder à la sélection sur la base d'un seul indice ou d'un seul paramètre, une variété résistante à une forme de dommage pouvant être susceptible à une autre forme de dommage ([32], [33]). Pour être efficace, une sélection variétale pour la résistance aux foreurs devrait être faite sur la base de plusieurs critères en tenant compte de besoins.

4 CONCLUSION

Ce travail met en exergue l'existence de variétés traditionnelles de *Muskuwari* tolérantes ou résistantes aux foreurs de tiges dans le Nord-Cameroun. Il permet en outre de relever le rôle des Lépidoptères foreurs des tiges (tel que *Sesamia cretica* Lederer sur le sorgho repiqué) qui s'ajoute aux contingences socioculturelles locales pour entrainer des dérives variétales par suite d'abandons des variétés plus sensibles ou d'une qualité alimentaire médiocre. Il donne en outre plus d'outils aux personnes en charge des politiques agricoles et les techniciens de la filière semence pour réduction des pertes dues aux foreurs de tiges.

REFERENCES

[1] FAO, Word food and agriculture, statistical poketbook, *Food and Agriculture Organization of the United Nations,* Rome, 2018.

[2] G. Li, W. Gu, Sweet Sorghum, *Chinese Agriculture Technology and Sciences Publishing House, Beijing*, 2004.

[3] G.S. Liu, Q.Y. Zhou, S.Q. Song, H.C. Jing, W.B. Gu, X.F. Li, M. Su, Research advances into germplasm resources and molecular biology of the energy plant sweet sorghum, *Chinese Bulletin Botany*, vol.44, pp.253–261, 2009.

[4] C. Guo, W. Cui, X. Feng, J. Zhao and G. Lu, Sorghm Insect Problems and Management, *Journal of Integrative Plant Biology*, vol 3, n°53, pp.178-192, 2011.

[5] L.Gerke Villi, L.G. Zeferino and A. Feiden, The use of Sweet sorghum as a feedstock for ethanol production, *American Journal of Plant Science*, n°5, PP.3340-3344, 2014.

[6] J. Djodda, E. Nchiwan Nukenine and P. Ngassam, Degree of infestation of transplanted sorghum *Sorghum bicolor* L (Moench) by Lepidopteran stem borers and their biodiversity in Diamaré (Maroua-Cameroun), *American Open Journal of Agricultural Research* vol.1,n°1, pp.1-7, 2013.

[7] Mohamed Nader Said Sallam, A review of sugarcane stems borers and their natural enemies in Asia and Indian Ocean Islands: an Australian perspective, *Annales de la Société Entomologique de France*, vol.42, n°3-4, pp.263-283, 2006.

[8] A. Chabi-Olaye, C. Nolte, F. Schulthess and C. Borgemeister, Effects of grain legumes and cover crops on maize yield and plant damage by Busseola fusca (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) in the humid forest of southern Cameroon, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, vol.108, n°17-28, 2005a.

[9] L.E.M. Vet and M. Dicke, Ecology of infochemicl use by naturel enemis in a trophic context, *Annual review of Entomology*, vol.37, pp.141-172, 1992.

[10] J.C. Harborne, Phytochimical methods. *A guide to modern techniques of plant analysis, 3th edition*, U.K., p302, 1998.

[11] J.R. Mangold, Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella sp* and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. *Florida Entomol.,* vol. 61, pp.57-61, 1978.

[12] M. Berenbaum, Phytotoxicity of plant secondary metabolites. Insect and mammalian Perspectives, Archives *of Insect Biochemistry and physiology*, vol.29, n°2, pp.119-134, 1995.

[13] B. C. Pene, K. D. Kouamé, Dove Harold et B. M. Boua, Incidence des infestations du foreur de tige Eldana saccharina (Lepidoptera, Pyralidae) en culture irriguée de canne à sucre selon les variétés et la période de récolte en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences* vol.102, pp.9687-9698, 2016.

[14] W. Cheng, J. Lei, W.L. Rooney, T. Liu and K. Zhu-Saltzman, 2013. High basal defense gene expression determines sorghum resistance to the whorl-feeding insect southwestern corn borer. *Insect Science*, vol.20 pp.307-317, 2013.

[15] B.J. Rensbeurg and J-J.V. den Berg, Stem borers in grain sorghum: I. injury patterns with time after crop emergence, *South African Journal of plant and Soil*, vol.9, n°2, pp.73-78, 1992.

[16] S.L.Taneja and K. Leuschner, *Methods of rearing, infestation and evaluation for Chilo partellus resistance in sorghum* In: *proceeding of international sorghum entomology workshop*, Patancheru, india, pp.175-188, 1985.

[17] B.T. Bessin, T.E. Reagan and F.A. Martin, A moth production index for evaluating sugarcane cultivars for resistance to the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae), *Journal of Economic Entomology*, vol.83, pp.221-225, 1990.

[18] J. Van den Berg, Use of moth production index to assess the impact of sorghum varieties in management of *Chilo partellus* in Southern Africa, *Insect Science and its Application*, vol.17, pp.151-155, 1997.

[19] J.C. Moraes, M.M. Goussain, M.A.B. Basagli, G.A. Carvalho, C.C. Ecole and M.V. Sampaio, Silicon influence on the tritrophic interaction: Wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) *and Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). *Neotropical Entomology*, vol.33*,* pp.619-624, 2004.

[20] J.C. Moraes, M.M. Goussain, G.A Carvalho and R.R. Costa, Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon, *Cienciae Agrotecnologia*, vol.29*,* pp.761-766, 2005.

[21] Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel F.R. and Byrne M.J. *Water stress augments silicon-mediated resistance of susceptible sugarcane cultivars to the stalk borer Eldana saccharina (Lepidoptera: Pyralidae)*, Bulletin of Entomological Research, *97*,175-183, (2007a).

[22] O.L. Kvedaras, M.G. Keeping, F.R. Goebel and M.J. Byrne, Larval performance of the pyralid borer *Eldana saccharina* Walker and stalk damage in sugarcane: influence of plant silicon, cultivar and feeding site, *International Journal of Pest Management*, vol.53, pp.183-194, 2007b.

[23] O.L. Kvedaras, M. An, Y.S. Choi and G.M. Gurr, Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences, *Bulletin of Entomological Research*, 2009a, DOI:10.1017/S0007485309990265.

[24] O.L. Kvedaras and M.G. Keeping, Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol.125, pp.103-110, 2007.

[25] Ngatanko Iliassa, S. L. NgamoTinkeu, P. M. Mapongmestsem, Diversity and spatial distribution of stem borers and their natural enemies on off season sorghum, Sorghum bicolour (L.) Moench (Poaceae), in the Sudano-sahelian zone of Cameroon, *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, Vol. 7, No. 5, pp. 51-58, 2015.

[26] K. Djimadoumngar, Inventaire et cycles biologiques des Lépidoptères foreurs des tiges du sorgho et de leurs principaux parasitoïdes dans la région de N'Djamena (Tchad), Thèse de Doctorat, Lyon, pp.194, 2001.

[27] P.R. Atkinson and K.J. Nuss, Associations between host-plant nitrogen and infestations of the sugarcane borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), *Bulletin of entomological Research*, vol.79, pp.489-506, 1989.

[28] B.U. Singh and K.V. Rao and H. C. Sharma, Comparison of selection indices to identify sorghum genotypes resistant to the spotted stemborer, *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Noctuidae), *International Journal of Tropical Insect Science*, vol.31, n°1-2, pp.38-51, 2011.

[29] N. Perrot, S. Gonne et B. Mathieu, Biodiversité et usages alimentaires des sorghos Muskuwari au Nord-Cameroun In: C. Raimond, E. Garine and O. Langlois (éds), Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad, RODIG, IRD, Paris, pp.243-262, 2005.

[30] B. Mathieu, E. Fotsing and D. Gautier, L'extension récente du *Muskuwari* au Nord-Cameroun : dynamique endogène et nouveaux besoins de recherche. 2003, Cirad-Prasac pp.12, 2003.

[31] S.O. Ajala, A. Odulaja and K.N. Saxena, beneficial african insects: A Renewable Natural Resource, *Proceedings of the 10th Meeting and Scientific Conference of the African Association of Insect Scientists*, Mombasa, Kenya, pp.71-74, 1993.

[32] A.M. Alghali, Effect of time of *Chilo partellus* Swinhoe (Lepidoptera: Pyralidae) infestation on yield loss and compensatory ability in sorghum cultivars, *Tropical Agriculture* (Trinidad), vol.64, pp.144-148, 1987.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 938-952
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Identification des sites favorables à l'installation des centrales solaires photovoltaïques à l'aide de l'analyse multicritères et des SIG : Cas de l'arrondissement de Bélabo, Cameroun

[Identification of suitable sites for the installation of solar photovoltaic stations with the multi-criteria analysis and GIS : Case of Bélabo Council, Cameroon]

Tegno Nguekam Eric Wilson[1] and Kamtchoua Mbetjock Camille[2]

[1]Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Nkolbisson, Yaoundé, P. Box: 2123, Messa, Yaoundé, Cameroon

[2]Institut Supérieur de Management et des Sciences Appliquées (ISMASA Hermès), Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2019 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: As energy supply and demand are unevenly distributed on the planet, it is necessary to find another solution to take over. It is now a question of using a cheap and economical source of energy because the protection of the environment has become an important issue. In this regard, renewables energies such as solar energy (sun), wind (wind) or hydraulic (water), geothermal (the heat of the earth's subsoil) considered as inexhaustible and easily exploitable energies appear as a solution to solve the problem. In Cameroon, for example, in the context of the use of solar energy and the opening up of energy in rural areas, the government has set up the electrification program of 1000 localities with solar photovoltaic system. The objective of this study was to identify through GIS and multi-criteria analysis, the suitable sites dedicated to the implementation of solar power stations in the Bélabo council in eastern Cameroon. The methodology consisted in the identification of the criteria (factors and constraints), in the classification and standardization of these criteria, and in their aggregation for the identification of suitable sites. This study has shown that 9% of the total area of Bélabo council has a high potential to be optimal areas for the installation of solar photovoltaic stations.

KEYWORDS: Solar photovoltaic system; sites; AHP method; criteria; factors and constraints.

RESUME: L'offre et la demande en énergie étant inégalement réparties sur la planète, il s'avère nécessaire de trouver une autre solution pour prendre le relais. Il s'agit désormais d'utiliser une source d'énergie économique et peu polluante car la protection de l'environnement est devenue un enjeu important. A ce sujet, Les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire (soleil), éolienne (vent) ou hydraulique (eau), géothermique (la chaleur du sous-sol terrestre) considérées comme des énergies inépuisables et facilement exploitables apparaissent comme une solution envisagée pour résoudre le problème**.** C'est ainsi qu'au Cameroun dans le cadre de l'utilisation de l'énergie solaire et du désenclavement énergétique des zones rurales, le gouvernement a mis en place le programme d'électrification des 1000 localités par système solaire photovoltaïque**.** L'objectif de cette étude était d'identifier à travers les SIG et de l'analyse multicritère les sites propices à l'installation des centrales solaires dans l'arrondissement de Bélabo dans l'Est Cameroun. La méthodologie a consisté en l'identification les critères (facteurs et contraintes), en la classification standardisation de ces critères, et en leur agrégation pour ressortir les zones propices à l'installation des centrales solaires. Cette étude a ainsi permis de montrer que 9% de la superficie totale de Bélabo présentent un potentiel élevé pour être des zones optimales à l'installation des centrales.

MOTS-CLEFS: Système solaire photovoltaïque ; Sites ; SIG ; Méthode AHP ; Critères, facteurs, contraintes.

Corresponding Author: Tegno Nguekam Eric Wilson

1 INTRODUCTION

Dans le monde, la plus grande partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel et l'uranium [1]. C'est ainsi que, ces produits deviennent de plus en plus rares pendant que la demande énergétique du monde s'élève continuellement. K.kassmi en 2007 dans la revue des énergies renouvelables estime que les réserves mondiales seront épuisées vers 2030 si la consommation n'est pas radicalement modifiée, et au maximum vers 2100 si des efforts sont menés sur la production et la consommation. Ces formes d'énergie sont extraites du sous-sol et ne se reconstituent pas d'où le nom d'énergies non renouvelables [2].

L'offre et la demande en énergie étant inégalement réparties sur la planète, il s'avère nécessaire de trouver une autre solution pour prendre le relais [3]. La contrainte imposée est donc d'utiliser une source d'énergie économique et peu polluante car la protection de l'environnement est devenue un point important. A ce sujet, Les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire (soleil), éolienne(vent) ou hydraulique(eau), géothermique (la chaleur du sous-sol terrestre), considérées comme des énergies inépuisables et facilement exploitables apparaissent comme une solution envisagée pour résoudre le problème [4].

Tous les Etats de la société contemporaine sont ainsi tenus par un besoin de production massive d'énergie pour soutenir leur croissance [3]. Le Cameroun ne déroge pas à cette contrainte. Ainsi le Gouvernement camerounais, dans un essai de solution au déficit énergétique et pour garantir à long terme la sécurité d'approvisionnement en énergie électrique au moindre coût, a élaboré un Plan de Développement du Secteur de l'Électricité (PDSE) à l'horizon 2030 [2]. Ce plan dont les grands axes sont déclinés dans le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE), définit le programme d'investissement optimal des moyens de production énergétique pour le pays, programme essentiellement construit autour du potentiel hydroélectrique, ainsi que des réserves de pétrole et de gaz naturel dont regorge le Cameroun [5]. Bien que le PDSE n'a pas défini une politique propre aux énergies renouvelables, le DSCE, après avoir rappelé que les inventaires effectués ont mis en évidence l'existence au Cameroun d'importants potentiels en énergies renouvelables, ainsi que des possibilités concrètes de développement et d'utilisation de ces formes d'énergie dans la satisfaction des besoins énergétiques nationaux, attire l'attention des autorités camerounaises à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables [4]. C'est ainsi que dans le cadre de l'utilisation de l'énergie solaire et du désenclavement énergétique des zones rurales le gouvernement a mis en place le programme d'électrification de 1000 localités par système solaire photovoltaïque. Ce projet, fruit de la coopération sino-camerounaise est lancé en 2016 par une phase pilote dont l'objectif est de desservir par le biais des centrales solaires photovoltaïques 166 localités rurales à travers le territoire national [6].

L'accès à l'électricité est reconnu comme un facteur d'amélioration du bienêtre des populations [4]. Le réseau de la Société ENEO (anciennement AES-SONEL), service public d'électricité chargé de fournir l'énergie à tous les ménages camerounais sans exclusivité, ne couvre pas toutes les localités du pays [6]. Lorsque la distance du site rural au réseau national est importante, l'Etat doit favoriser des installations décentralisées en instaurant des mesures favorables aux populations concernées. Mais cette solution reste peu répandue [2]. Or, sur la base des données du recensement général de la population réalisée en 1987, le Cameroun compte un total de 13 104 localités [4]. La population totale en 2004 étant estimée à 16,5 millions d'habitants pour environ 3,2 millions de ménages, seulement environ 3000 localités sont électrifiées [6]. Malgré l'effort étatique mise en place par la création de l'agence électrification rurale (AER), l'électricité reste le privilège des résidents des villes (80,7% des ménages urbains, contre 16,4% des ménages ruraux) [4]. Face à cette situation, l'état a décidé de mettre sur place un système de production d'électricité par système solaire. La faisabilité d'un projet solaire ne dépend pas uniquement du soleil : le site le plus ensoleillé n'est pas nécessairement le plus favorable à l'implantation d'une centrale solaire [7]. Il peut être confronté à des législations et contraintes économiques, socio-politiques ou environnementales. De ce fait, les questions suivantes se posent : Sur quels critères serait basée l'évaluation des sites optimaux à l'implantation des centrales ? Comment hiérarchiser les facteurs choisis ? Où seront situés les sites potentiels pour l'implantation ?

L'objectif principal de cette étude était d'identifier à l'aide des SIG et de l'approche multicritère, les sites dédiés à l'installation des centrales solaires photovoltaïques dans l'arrondissement de Bélabo à l'Est Cameroun. Spécifiquement, il était question de déterminer les critères d'aide à la localisation des potentiels sites ; de mettre en place une pondération et hiérarchisation de ces critères à l'aide de l'analyse multicritère ; d'identifier les sites à forts potentiels énergétiques et proposer les zones d'implantation des centrales.

2 MATÉRIELS ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Crée le 14 novembre 1979 par le décret n°79-470, l'arrondissement de BELABO est situé à l'Est du Cameroun, dans le Département du LOM et DJEREM à une distante d'environ 80 Km de Bertoua, chef-lieu du Département. En outre, cet

arrondissement s'étend respectivement entre 255000m et 381987m en abscisse et entre 506030 m et 617821m en ordonnées. Elle couvre une superficie d'environ 6 000 Km² et est limitrophe au Nord par l'arrondissement de BETARE OYA, à l'Est par l'arrondissement de MANDJOU, au Sud-Est par l'arrondissement de BERTOUA 1, au Sud par les arrondissements de NSEM et MINTA, au Sud-Ouest par celui de DIANG, à l'Ouest par YOKO [8]. La figure 1 présente la localisation géographique et administrative de l'arrondissement de Bélabo.

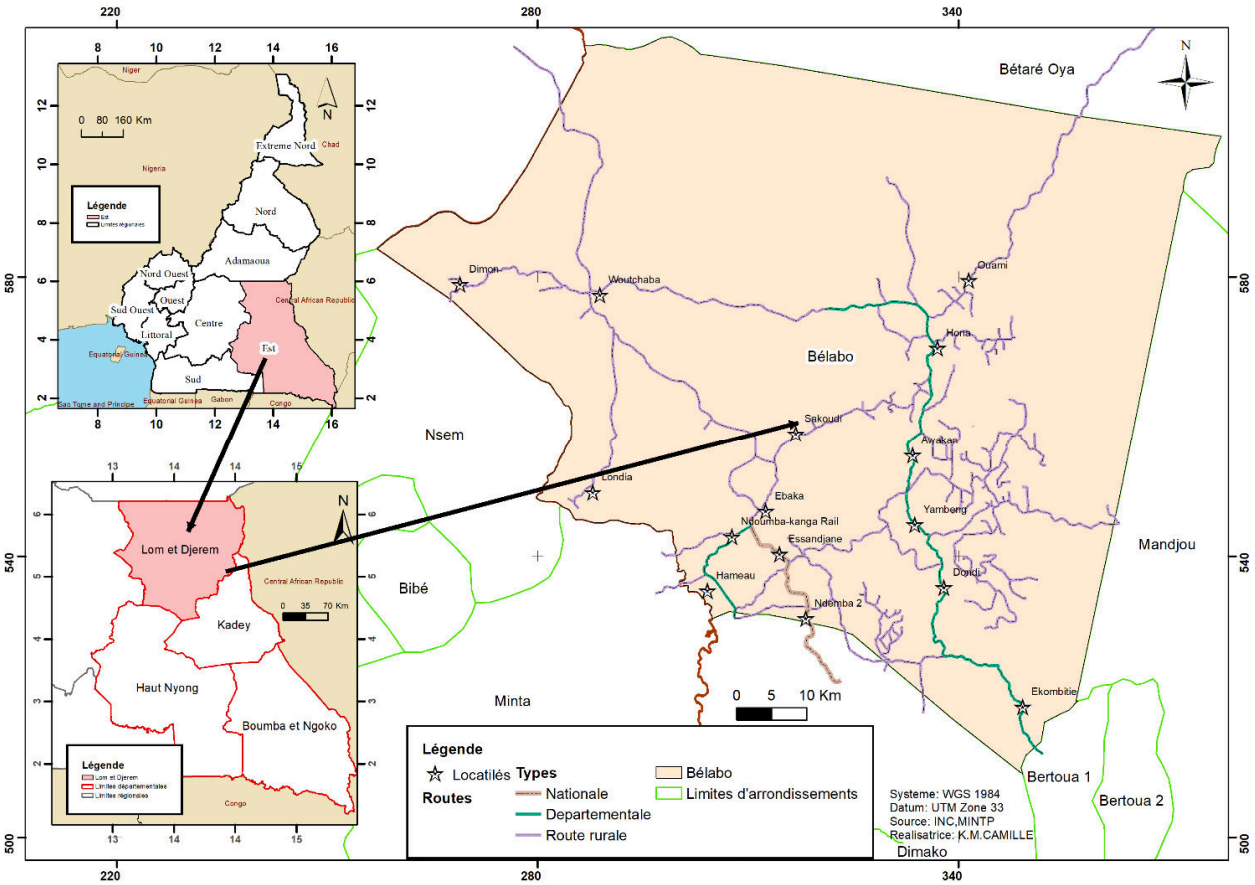


Fig. 1. Localisation administrative et géographique de l'arrondissement de Bélabo

2.2 MATÉRIELS

Le tableau 1 ci-dessous présente le matériel utilisé dans cette étude.

Tableau 1. Liste et utilité du matériel utilisé

Noms	Utilités
Appareils	
Solarimètre	Permet de mesurer l'intensité des rayonnements solaires reçus en un point, de déterminer les angles d'incidence pour optimiser le positionnement des panneaux solaires et mesurer la transmission du soleil à travers un verre transparent ou traité.
Analyseur de masque solaire	Permet de déterminer l'ensoleillement et l'ombrage sur les sites. Il permet également de faire les précisions d'ensoleillement sur une durée d'un an.
GPS	Pour déterminer les coordonnées de quelques points dans l'arrondissement de Belabo.
Ordinateur portable	Pour l'analyse des données et la rédaction du rapport
Logiciels	
Arcgis 10.3 et Qgis 2.18	Ces logiciels de Systèmes d'Information Géographique ont été utilisés pour la numérisation (digitalisation des cartes), conversion des fichiers, l'édition des données et leur modélisation, la visualisation des données spatiales créées, la gestion des informations spatiales et thématiques, l'analyse spatiale et la mise en page pour la production des documents sous forme de cartes et graphiques.
Erdas Imagine 2014	Conçu par la société Erdas (un des leaders du marché des logiciels de traitement d'image), ce logiciel offre des outils simples mais puissants et performants en télédétection et en photogrammétrie. Il a été utilisé, dans le cadre de cette recherche pour le traitement des images satellitaires de l'arrondissement de Bélabo.
Pvgis	Logiciel utilisé en modélisation photovoltaïque. Il donne un accès à la base de données Helioclim3 construit à partir des traitements d'images du satellite Meteosat Second Generation [9]. Il a donc été utilisé pour l'estimation de l'irradiation global horizontal dans différents sites de prélèvements.
Pvsyst	Logiciel performant pour les systèmes photovoltaïques. Il permet de faire des pré-dimensionnements à travers une estimation rapide de la production pour une première étude, une étude détaillée avec des simulations horaires, une base de données métrologiques sur l'irradiation, la température, l'humidité, etc....
Offline Map Maker	Application Windows conçue spécifiquement pour aider les utilisateurs à télécharger des images et cartes pour une consultation hors ligne. Cet outil permet obtenir des images de mosaïque à partir de Google Maps, ou des cartes, Openstreetmap, Yandex Maps, Bing, Yahoo etc.
Microsoft Office	Suite bureautique propriétaire de la société Microsoft fonctionnant avec les plates-formes fixes et mobiles. Il a été utilisé pour le traitement de texte, pour l'analyse statistique des données, ainsi que la création des graphiques etc...

2.3 DONNEES

Les données ont été utilisées pour la définition des critères. L'acquisition des données s'est faite à partir de plusieurs sources dont certains des bibliothèques de données spatiales, et d'autres des centres de recherche à travers leurs sites internet [10]. Le tableau 2 présente les données utilisées

Tableau 2. Données et sources

Données	Types	Sources
Limites administratives de Bélabo	Vecteur	Base de données de l'Institut National de Cartographie (INC)
Potentiel solaire	Raster	Acquis grâce à l'outil Pvgis crée par la firme JRC European Commission nous a procuré les données nécessaires à la création du potentiel solaire de l'arrondissement de Bélabo. Il permet la consultation et l'interrogation de la cartographie du gisement solaire[11].
Altitudes et pentes	Raster	Toutes deux sont obtenues à partir de la base de données de l'U.S. Geological Survey. Le MNT sélectionné est celui du *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) qui est une mission de la NASA destinée à obtenir des données globales d'élévation pour générer la base de données la plus précise et la plus complète au monde [10].
Occupation du sol	Raster	Provient du traitement des images satellitaires provenant de la huitième génération du satellite *Landsat* lancé par la NASA.
Données d'électrification	Statistiques	Les données sur l'électrification sont obtenues à l'aide des rapports du MINEE et complété à l'aide de la base de données de l'INS.
Température et humidité	Vecteur	Mesurés sur le terrain puis comparés avec les données extraites de la base de données de Meteonorm 7.2 du logiciel PVsyst.

2.4 METHODE

Cette section décrit la démarche utilisée pour identifier les sites les plus appropriés à l'installation des centrales solaires photovoltaïques dans l'arrondissement de Bélabo.

2.4.1 IDENTIFICATION DES FACTEURS ET CONTRAINTES

La recherche d'un site potentiel se fait par une approche multicritère, elle demande une bonne concordance entre des critères économiques, sociaux et environnementaux [12]. En l'absence de légalisation et règlementations liées à l'énergie solaire au Cameroun [13], l'étude bibliographique et la reconnaissance de terrain ont permis de choisir le seuil des contraintes et les facteurs locaux pour la prospection de centrales solaires. Les facteurs et les contraintes les plus récurrents dans la littérature et adaptés à la structure ont été sélectionnés.

2.4.1.1 LES FACTEURS

- L'ensoleillement

L'ensoleillement se définit comme l'intensité du rayonnement solaire reçu sur un plan perpendiculaire à un moment donné. C'est le facteur le plus important dans la détermination d'un site [14]. La conception d'un système photovoltaïque nécessite des données sur l'ensoleillement reçu sur un plan d'inclinaison donnée (valeurs quotidiennes sous forme de moyennes mensuelles). L'intensité du rayonnement reçu est fonction de plusieurs facteurs : de l'orientation du plan par rapport à l'horizontal et par rapport au sud (hémisphère nord), de la latitude du lieu, de la saison, des conditions météorologiques (nébulosité, poussières, humidité, …), de l'heure [15]. Les données mensuelles de l'irradiation sont basées sur les calculs à partir d'images satellitaires effectuées par *Geosationnary Meteosat* et *Polar EUMetSat*. Elles ont été prélevées à différents lieux de l'arrondissement de Bélabo puis interpolées par la méthode IDW afin d'en extraire les informations sur toute la zone d'étude (Figure2).

- La température

Les données de température ont été récupérées dans la base de donnée de Meteonorm 7.2, elles ont été traitées à l'aide des logiciels Qgis et Arcgis. Pour cela, la méthode d'interpolation IDW a permis d'avoir les informations sur une zone plus grande et l'outil d'analyse spatial « extract by mask » a permis de restreindre le résultat de l'interpolation à la zone d'étude. La figure 3 présente la variation de température d'un lieu à un autre dans l'arrondissement de Bélabo.

- L'occupation du sol

C'est un facteur environnemental important pour la détermination des sites propices. Selon la nomenclature de l'occupation des sols [16], on peut regrouper en ce terme tout objet naturel (végétation, culture, eau, etc.) et les différentes infrastructures humaines sur la surface terrestre [17]. D'après les études de Sadeghi et karimi sur la détermination des sites pour centrales solaires dans la région Tehran en Iran, avoir un lieu propice à l'installation des centrales est un facteur indispensable ; d'où la nécessité de prendre en compte l'occupation du sol. C'est ainsi que les images satellitaires utilisées pour obtenir l'occupation du sol ont été traités indépendamment puis mosaïqués afin d'extraire la zone d'étude. L'option choisie pour établir la carte d'occupation du sol était classification supervisée. C'est ainsi que quatre classes d'occupation du sol (zones habitées, la végétation, les sols nuls, et les cours d'eau) ont été identifiées. La figure 4 présente l'occupation du sol de Bélabo.

- La topographie

D'après les études *de Sadeghi et Kamini*, le potentiel de la terre à usage industriel peut diminuer avec l'augmentation de la pente. A cet effet, il décrit le relief comme le facteur environnemental le plus important et stipule que la pente optimale doit être inférieure à 3%. L'altitude quant à elle, a une relation inverse avec l'épaisseur de l'atmosphère [14]. Une atmosphère plus épaisse a des composants plus épais, donc plus d'énergie serait absorbée ou réfléchie. Par conséquent, les hautes terres auraient plus de potentiel dans ce cas. Les figures 5 et 6 présente le relief et le pourcentage des pentes dans l'arrondissement de Bélabo.

- L'humidité

L'humidité est le plus gros absorbeur d'énergie solaire [14] . Les endroits avec un pourcentage d'humidité élevé ne sont pas favorables pour la construction d'une station solaire. Le processus de traitement de l'humidité était le même que celui de la température. Cela a permis de produire la figure 7 qui présente le pourcentage d'humidité dans l'arrondissement de Bélabo.

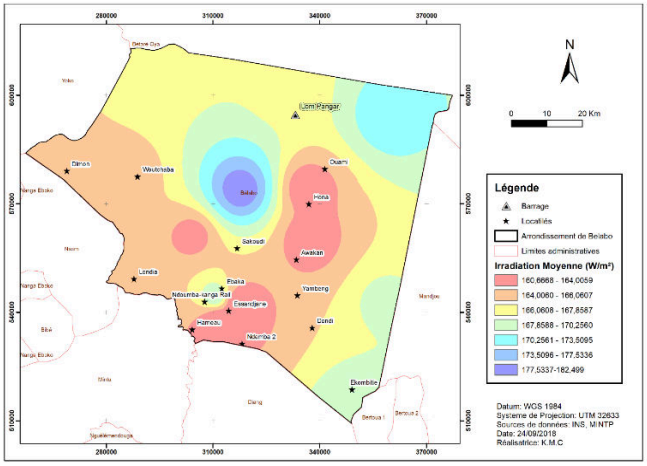


Fig. 2. Irradiation moyenne de l'arrondissement de Bélabo

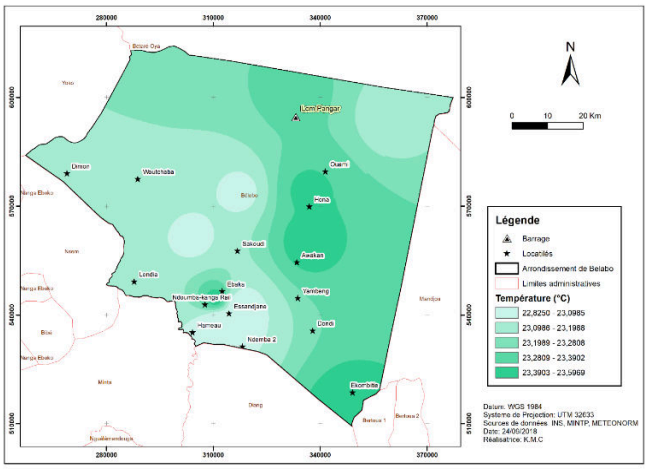


Fig. 3. Température moyenne de l'arrondissement de Bélabo

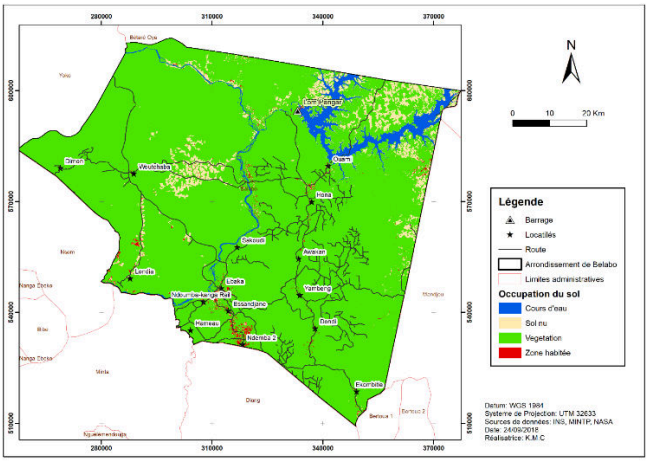


Fig. 4. Occupation du sol de l'arrondissement de Bélabo

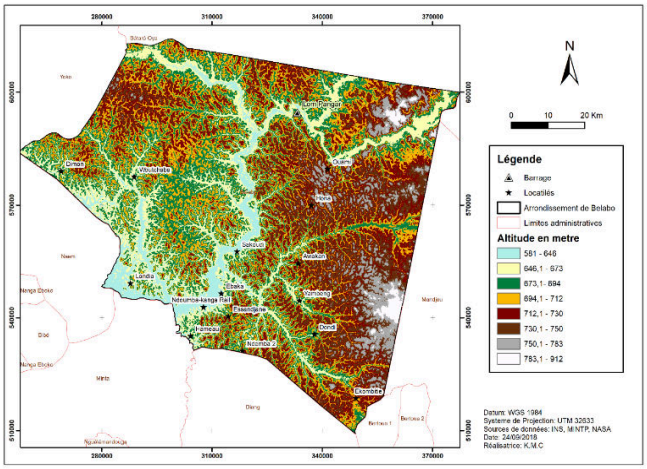


Fig. 5. Altitude de l'arrondissement de Bélabo

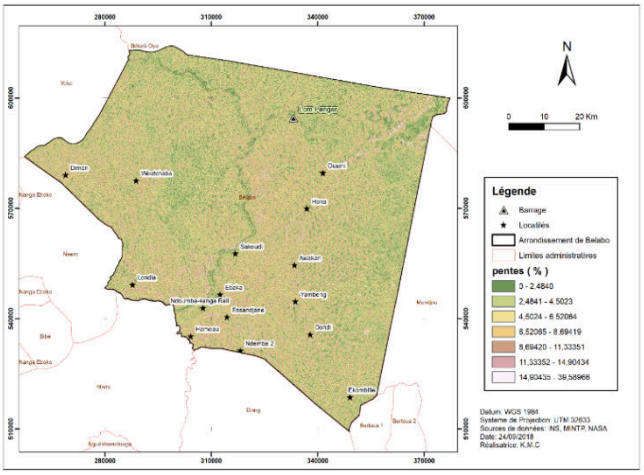


Fig. 6. Pentes de l'arrondissement de Bélabo

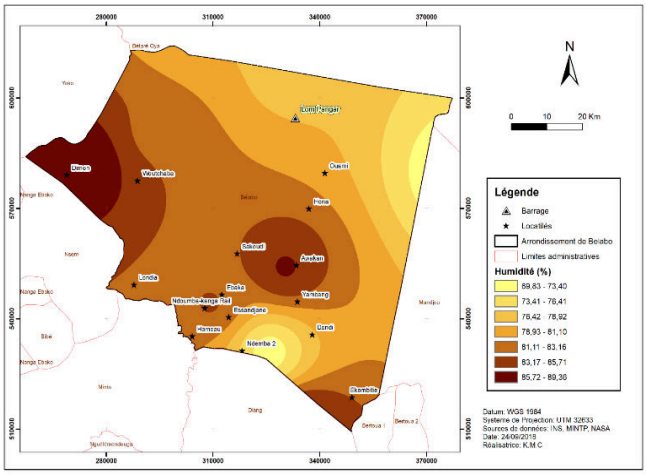


Fig. 7. Pourcentage d'humidité dans l'arrondissement de Bélabo

2.4.1.2 LES CONTRAINTES

- Proximité au réseau électrique existant

Le choix d'une technologie de construction des centrales solaires est orienté par les critères de position de la localité par rapport aux réseaux Moyenne et Haute Tension existants [18]. Le réseau conventionnel de distribution ENEO est la principale source d'électrification au Cameroun et a juste permis d'alimenter 3000 localités. La priorité à l'électrification conventionnelle est donnée aux localités à moins de 10 km du réseau, les plus peuplées et les plus faciles d'accès. De ces faits, le projet faisant l'objet de la présente étude, accentue son déploiement sur des localités à 20 km ou plus du réseau conventionnel, et dont la population s'établit de 60 à 400 ménages au maximum [6].

Mais le constat effectué lors de la descente sur sites a permis de nous rendre compte que ce paramètre n'est pas respecté à cause de l'absence total d'électricité malgré le passage du distributeur ENEO. De ces faits, il n'est plus pris en compte dans cette évaluation.

- La proximité au cours d'eaux, lacs et barrages

Constituant les sources d'approvisionnement pour les villages riverains, ces réserves hydrographiques se présentent comme des contraintes environnementales importantes pour la protection de la nature. Une pollution de ces ressources

entrainerait de nombreux dégâts au niveau du milieu humain [19]. A cet effet, les études de *Sadeghi* stipulent que la construction d'une centrale doit se faire au minium à 500 m d'un cours d'eau et lacs [14] ; et à 1000 m d'un barrage [20].

Les données d'hydrographie étant issues de la base de donnée de l'Institut National de Cartographie (INC), elles ont ensuite été circonscrites à l'arrondissement à l'aide de l'outil d'analyse spatial « Clipping ». Le résultat de cette analyse nous a ainsi permis de calculer la distance aux cours d'eau à travers l'outil d'analyse spatial « distance euclidienne ». La figure 8 présente les distances au cours d'eau de l'arrondissement.

- La proximité au réseau routier

La construction d'une centrale solaire à proximité des routes réduit les dépenses de services publics et de transport de groupe. L'équipement industriel ne doit pas être construit dans la zone tampon de plus 250 mètres des routes principales [14]. La figure 9 présente la proximité au réseau routier dans l'arrondissement.

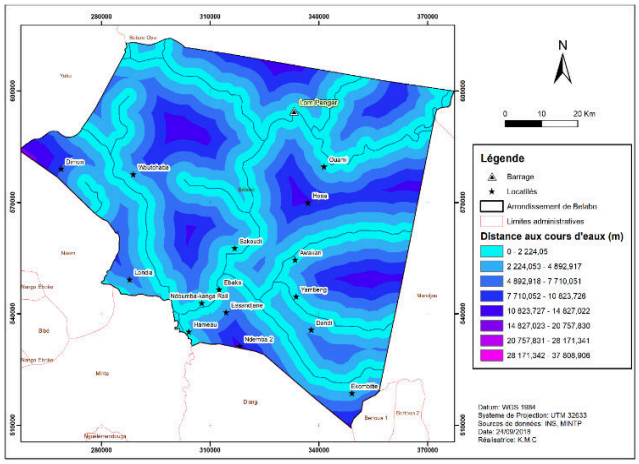


Fig. 8. Distances aux cours d'eau

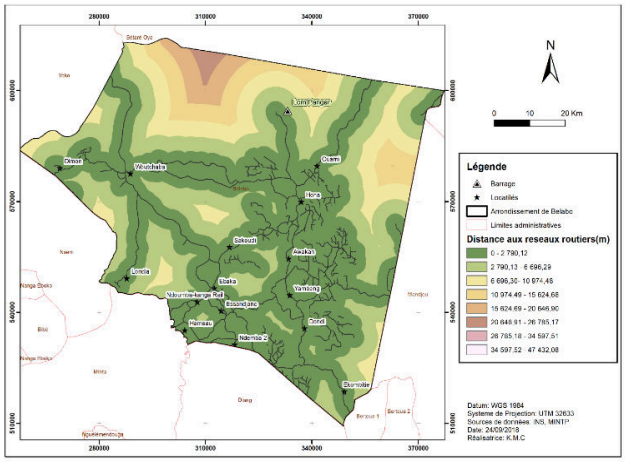


Fig. 9. Distance aux réseaux routiers

2.4.2 CLASSIFICATION ET STANDARDISATION DES CRITÈRES

Le processus de calcul de l'importance relative de chaque critère est connu sous le terme de « normalisation des critères » [21]. Ainsi, dans une optique de pouvoir intégrer plusieurs facteurs (qualitatif et quantitatif) dans le modèle il convenait de les rendre comparables. Autrement dit, de formuler l'aptitude des différents facteurs sur une échelle commune (modifier les valeurs du pixel de façon à uniformiser les critères en un même nombre de classes) [12]. Une fois les critères d'évaluation identifiés par rapport à la recherche des zones propices à l'implantation des centrales solaires, il s'agissait de déterminer la couche de chaque facteur qui indique le degré d'aptitude de chaque unité de l'espace pour la mise en valeur des ressources [22]. Ces degrés d'aptitude devaient alors être classés en fonction de l'importance relative de la contribution apportée par chacun d'eux pour l'atteinte de l'objectif final [23].

Dans cette étude, les critères ont été standardisées suivant une échelle continue d'aptitude allant de 1 (le moins apte ou le moins important) à 9 (le plus apte ou plus important) [21]. Le tableau 3 présente la catégorisation et la standardisation des différents critères.

Tableau 3. Standardisation des critères

Echelle	Irradiation (watt/m²)	Topographie	Occupation du sol	Humidité (%)
9	174.5-182.49	Très faible	Sol nu	69.83- 75.09
7	169.39-174.5	Faible	Végétation	75.09- 78.805
5	166.48-169.39	Moyen	Zone urbaine	78.0805-81.313
3	164.26-166.48	Fort		81.313- 84.290
1	160.66-164.26	Très fort	Cours d'eau	84.290- 89.367

2.4.3 ANALYSE MULTICRITÈRES HIÉRARCHISÉES

Le choix du poids des critères influence le résultat final. Dans les faits, les facteurs n'ont pas le même coefficient d'importance [10]. Afin de distinguer la potentialité des sites, nous attribuons un poids aux facteurs, pour qu'ils se hiérarchisent du moins favorables au plus favorables [21]. L'Analyse Multicritère ou bien **«** Analytic Hierarchy Process **»** (AHP) est une méthode acceptée par la communauté scientifique internationale comme un outil de décision multicritère pour résoudre la question de décision et de pondération [12].

2.4.3.1 PONDÉRATION DES FACTEURS ET MATRICE DE COMPARAISON

Etablie sur la base de l'échelle de Saaty, la pondération se fait en comparant les facteurs et en définissant l'importance de chacun pour les autres. La comparaison par paire au sein de l'AHP peut être effectuée à travers un tableau comme celui du tableau 4. Un diagnostic est typiquement utilisé pour obtenir le rapport dégrée d'importance de chacun des critères et est basé sur le jugement et la perception des experts [22]. La détermination du dégrée d'importance s'effectue ainsi en comparant les facteurs et en leur assignant un coefficient de pondération. Ce procédé permet de constituer une matrice appelée matrice de comparaison par paire [21]. Le tableau 4 suivant présente le degré d'importance des facteurs, les uns par rapport aux autres.

Tableau 4. Degré d'importance des facteurs

Facteurs	Irradiation	Occupation du sol	Topographie	Humidité	Température
Irradiation	1	5	5	7	7
Occupation du sol	0.20	1	3	3	3
Topographie	0.20	0.33	1	2	5
Humidité	0.14	0.33	0.50	1	3
Température	0.14	0.33	0.20	0.33	1

Source : Adaptation du tableau de comparaison de Saaty

De ce tableau, la matrice suivante a été déduite :

$$M = \begin{matrix} 1 & 5 & 5 & 7 & 7 \\ 0.20 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ 0.20 & 0.33 & 1 & 3 & 5 \\ 0.14 & 0.33 & 0.50 & 1 & 2 \\ 0.14 & 0.33 & 0.20 & 0.33 & 1 \end{matrix}$$

La matrice précédente a permis d'obtenir les poids des facteurs impliqués. Ces derniers s'obtiennent en deux étapes. La première consiste à diviser la valeur **Nij** par la somme des éléments de la colonne **j** (**i** et **j** étant respectivement la ligne et la colonne de la matrice), ce qui donne une nouvelle matrice.

$$M' = \begin{matrix} 0.59 & 0.71 & 0.52 & 0.53 & 0.37 \\ 0.12 & 0.14 & 0.31 & 0.23 & 0.16 \\ 0.12 & 0.05 & 0.10 & 0.15 & 0.26 \\ 0.08 & 0.05 & 0.05 & 0.08 & 0.16 \\ 0.08 & 0.05 & 0.02 & 0.03 & 0.05 \end{matrix}$$

Et la seconde étape consiste en la moyenne des lignes de la matrice sachant que la première ligne correspond toujours à l'irradiation, la seconde à l'occupation du sol, la troisième à la topographie, la quatrième à l'humidité et la dernière à la température. Les différents poids obtenus sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5. Poids des différents facteurs

Facteurs	Poids
Irradiation	0.543
Occupation du sol	0.191
Topographie	0.137
Humidité	0.083
Température	0.046

2.4.3.2 INDICE ET RATIO DE COHÉRENCE

La notion de cohérence dans la comparaison par paires de SAATY (1980) est basée sur le respect de la transitivité du jugement. Ainsi l'indice de cohérence exprimé par l'équation 1 mesure la fiabilité de la comparaison exprimée à des jugements cohérents. Plus l'indice de cohérence est grand, plus les jugements qui ont été exprimés dans la matrice de comparaison seraient incohérents et vice versa [20].

$$IC = \frac{(\lambda max - N)}{(N-1)} \qquad (1)$$

Où N est le nombre d'élément comparé (5 éléments) et λmax est la valeur propre de la matrice de comparaison par paire (5.407). Pour cette étude, l'indice de cohérence a été calculé et estimé à 0.102. De plus Saaty dans son expérience permet de définir le ratio de cohérence comme étant le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements des facteurs et de l'Indice Aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension. Le ratio de cohérence calculé permet de mesurer la cohérence logique des jugements sur les facteurs [14]. En général, lorsqu'il s'agit de comparer moins de 9 éléments, un seuil de tolérance de 10% est fixé pour cet indice de cohérence [21]. Comme notre étude est basée sur 5 facteurs, l'Indice Aléatoire déterminé dans le tableau plus haut est de 1.12. Ainsi, le radio est donné par l'équation 2 :

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.091}{1.12} = 0.091 \ (2)$$

Selon *Saaty*, si RC est supérieur à 0.1, il y a une incohérence dans les comparaisons par paires et alors, la matrice issue des comparaisons devra être réévaluée [21]. Le ratio de cohérence étant inférieur à 0.1, les jugements ont été considérés comme cohérents.

2.4.4 IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS POUR L'INSTALLATION DES CENTRALES SOLAIRE

L'identification des sites potentiels s'est faite à travers l'agrégation de l'ensemble des critères identifiés. D'après la littérature, les études de Ben Mena et de Bensaid cité par [22] stipulent que la problématique de la détermination des sites correspond à l'agrégation complète ou approche du critère unique de synthèse puisqu'ils considèrent que cette méthode est la seule applicable lorsqu'il y a plusieurs critères qui varient de manière continue dans l'espace. La technique la plus courante et la plus connue pour cette approche est la combinaison linéaire pondérée ou somme pondérée, qui intègre totalement tous les critères considérés en un seul [21]. Elle consiste à multiplier chaque couche facteur par son coefficient de pondération respectif, et ensuite d'additionner ces résultats pour produire un indice d'aptitude [23] (Equation 3).

$$V = \sum a(i) * f(i) \ (3)$$

V est l'indice d'aptitude ; **a** est le poids associé au facteur f ; **f** est le facteur d'indice i. Cette opération a été faite grâce à l'outil « Map algebra » du module « Spatial Analyst » du logiciel Arcgis 10.3.1.

2.4.5 IDENTIFICATION DES SITES FAVORABLES À L'INSTALLATION DES CENTRALES SOLAIRES

[14] présente l'obtention des sites propices comme une combinaison de l'indice d'aptitude et des contraintes. Elle est la résultante de la formule de Saaty présenté à l'équation 4 :

$$S = V * \sum C(i) \ (4)$$

V est l'indice d'aptitude et C(i) représente les contraintes

La résolution de cette équation s'est aussi faite à l'aide de la calculatrice raster de l'outil « Map algebra » du module « Spatial Analyst » du logiciel Arcgis 10.3.1.

3 RÉSULTATS

3.1 L'INDICE D'APTITUDE

Partant des poids de base résultant de la comparaison par paires, on observe que les facteurs les plus importants pour l'identification des sites propices à l'implantation des centrales solaires dans l'arrondissement de Bélabo sont l'irradiation (54.3%) et l'occupation du sol (19.1%) et la topographie (13.7%). Les autres facteurs (l'humidité à 8.3% et la température du lieu à 4.6%) ont une importance un peu plus faible A partir de ce qui précède, la carte présentée à la figure 10 montrant les différentes potentialités pour l'implantation d'une centrale solaire photovoltaïque a été produite. Le tableau 6 montre les superficies occupées par chaque classe d'aptitude.

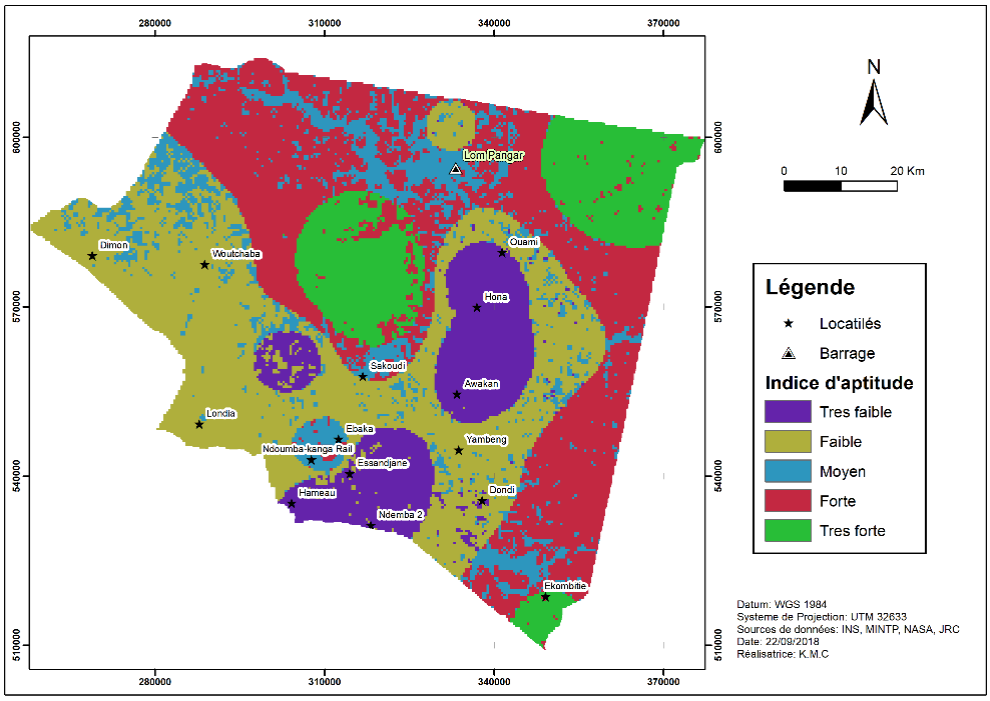


Fig. 10. Indice d'aptitude

Tableau 6. Superficies pour chaque classe d'aptitude

Indice d'aptitude	Superficies (Km²)
Très faible	804.21
Faible	1819.47
Moyenne	854.16
Forte	1796.4
Très forte	725.73

3.2 SITES PROPICES À L'IMPLANTATION DES CENTRALES SOLAIRES

La carte des indices d'aptitude étant produite, l'obtention de la carte des sites propices à l'implantation des centrales s'est faite grâce à la combinaison avec les contraintes. Bien que Saaty présente une contrainte comme un critère de recevabilité représentant une restriction naturelle ou artificielle, elle permet au mieux de présenter la carte résultante de l'analyse AHP [20]. De ce fait, l'application des contraintes à la carte d'indice d'aptitude, a permis de mettre en évidence les sites propices. La figure 11 présente la carte des sites propices à l'implantation des centrales solaires. Le tableau 7 montre les superficies occupées par chaque classe. La figure 12 présente la répartition du potentiel d'implantation en terme de pourcentage.

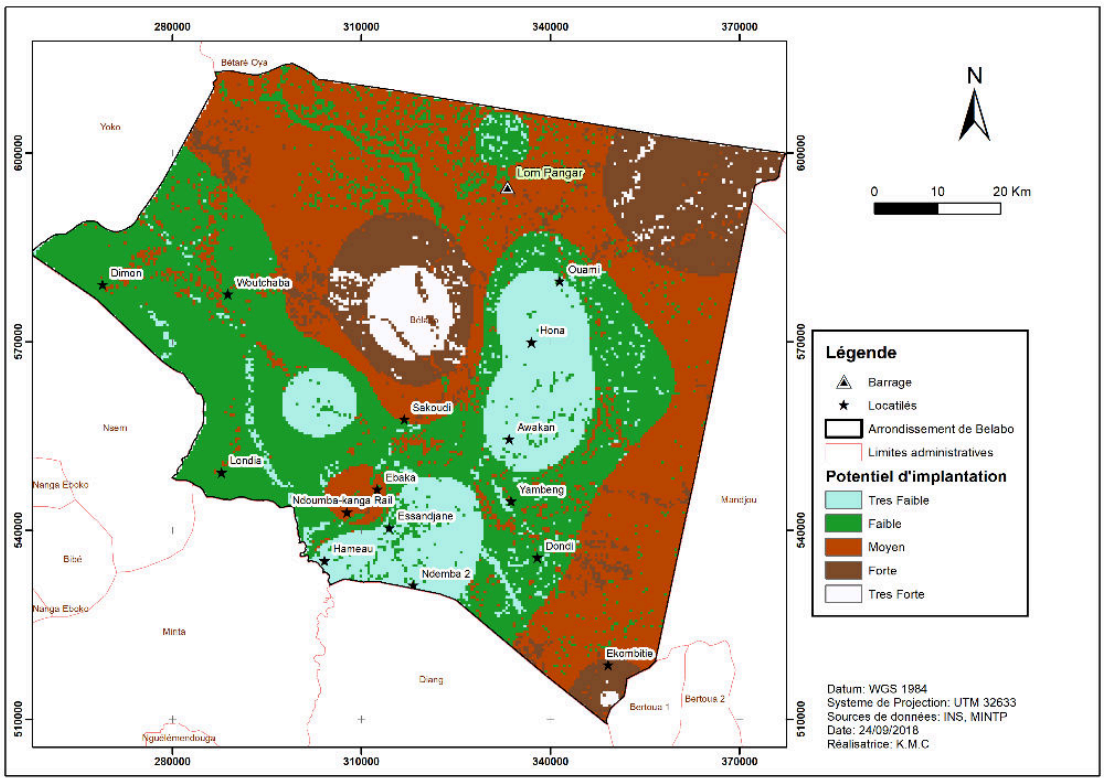


Fig. 11. Potentiel d'implantation de centrale solaire

Tableau 7. Superficie des sites potentiel

Potentiel	Superficies (Km²)
Très faible	829.48
Faible	1764.6
Moyenne	1945.95
Forte	904.52
Très forte	555.446

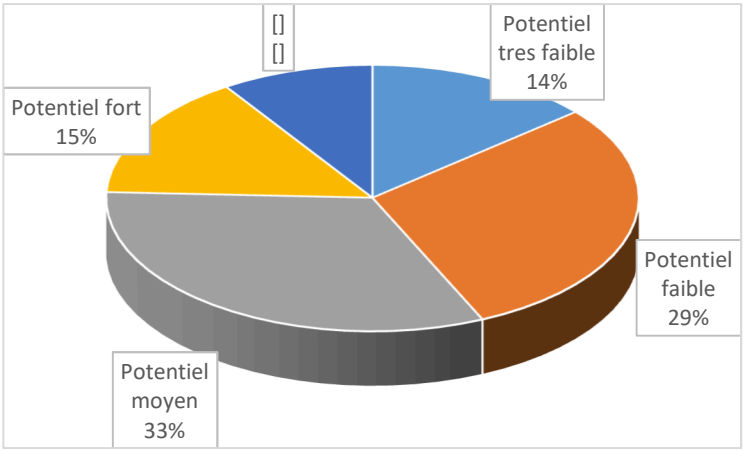


Fig. 12. Répartition du potentiel d'implantation des centrales solaires dans Bélabo

La restriction de cette répartition aux zones à fort potentiel a permis d'extraire les sites où la production serait optimale d'après l'approche multicritère. La carte de la figure 13 montre de façon claire les lieux ayant un potentiel d'implantation élevé. La valeur 1 est admise pour des lieux optimaux et la valeur 0 pour le reste.

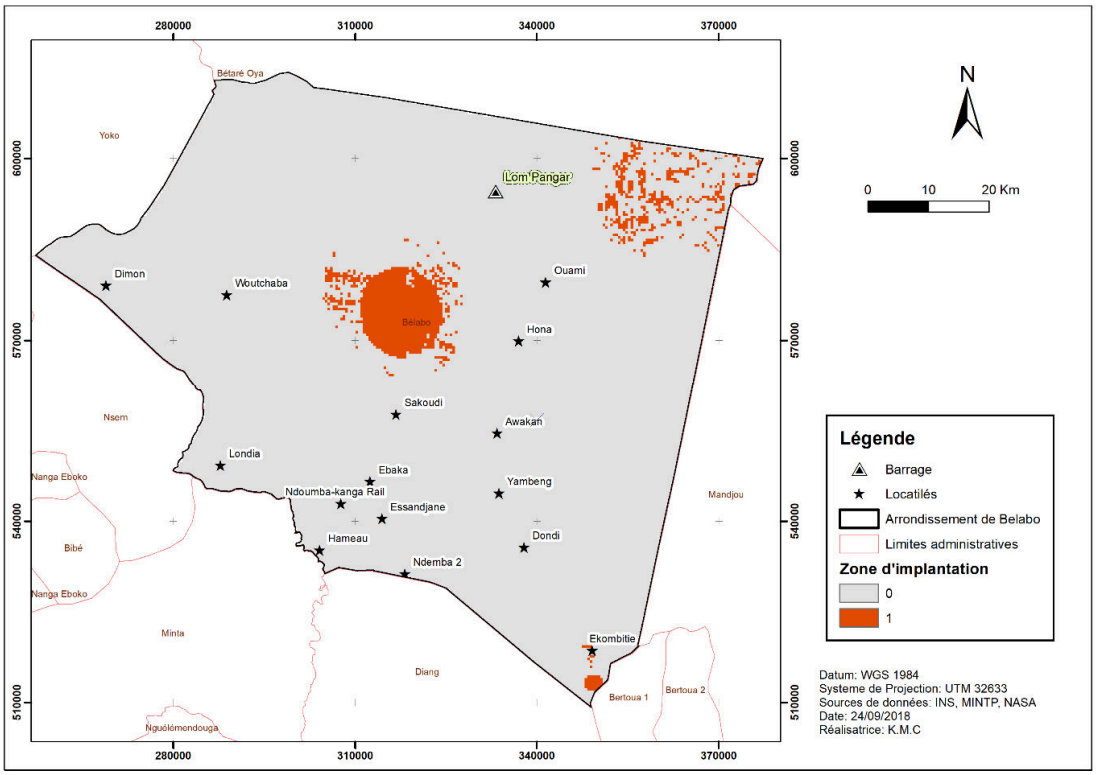


Fig. 13. Lieux optimaux à l'installation d'une centrale solaire photovoltaïque.

4 DISCUSSION

Cette étude à travers ses résultats montre que les SIG couplés à l'analyse multicritères peuvent être un puissant outils d'aide à la décision. Cette étude a permis de délimiter presque automatiquement les zones propices à l'implantation des centrales solaire. Le scénario selon lequel les facteurs ont des importances différentes a été adopté pour cette étude. En fonction de l'analyse multicritères, des poids différents leur ont été attribué. Ainsi les zones propices à l'implantation de ces centrales correspondent principalement aux zones à forte irradiation (174.5-182.49 watt/m²) et à sol nu. En effet, le calcul des poids par l'AHP a révélé que l'ensoleillement à travers son irradiation est évalué par des experts comme le plus important facteur pour la mise en place d'une centrale solaire à 54.3%, puis par l'occupation du sol à 19.1%, la topographie de l'arrondissement à 13.7%, l'humidité à 8.3% et la température du lieu à 4.6%. De plus, le ratio de cohérence calculé dans les comparaisons par paire est de RC = 0,091 (valeur <0,10) indique que le jugement de base est raisonnablement cohérent.

L'approche multicritère de Saarty a permis de montrer que dans l'arrondissement de Bélabo 9% de sa superficie totale est propice à l'installation des centrales solaire pour une production optimale. Ceci peut s'explique par plusieurs raisons : L'inégale répartition des données ayant servies à l'interpolation sur la zone d'étude conduisant aux différentes cartes de facteurs ; La considération de tous les critères comme parfaitement comparables. En effet, selon *Joerin* la pondération des critères quantitatifs est autant délicate que celles des critères qualitatifs. Toutefois, la technique de standardisation des critères facilite et rend possible leurs combinaisons ; Le manque de certaines données mesurées sur la zone d'étude notamment les données d'heure d'ensoleillement en vue d'apprécier le nombre d'heures pendant lesquelles le soleil est dans le ciel. Ce paramètre représente indirectement la quantité d'énergie reçue [14]

Les limites majeures de cette investigation sont l'accès et la disponibilité des données. La plupart des données incomplètes car elles ont été traitées sur une année. De plus, les stations de mesures sont inexistantes dans la zone de travail. Au niveau des structures de maitrise d'œuvre, nous étions dans l'incapacité d'avoir accès aux données terrains.

Malgré toutes ces limites, les SIG grâce à leurs capacités d'automatisation des traitements informatiques de données multiples de façon à couvrir une vue d'ensemble et élaborer une étude théorique sans avoir recours à un travail de terrain [12] ont été utilisé dans cette étude. La combinaison de cet outil avec l'approche AMC ajoute une dimension décisionnelle à la planification du projet d'implantation des centrales solaires.

5 CONCLUSION

L'avenir énergétique de la planète doit être basé sur des énergies non polluantes. Il est question de trouver des solutions énergétiques alternatives et durables répondant à la diminution de la consommation des énergies fossiles et surtout des solutions ne participant pas à l'effet de serre. C'est dans cette optique que pour contribuer à l'implantation des centrales solaires par le gouvernement du Cameroun, cette étude a été réalisée. Elle avait pour but de déterminer les sites propices à l'implantation de ces centrales dans l'arrondissement de Bélabo, à l'Est du Cameroun. La technique des SIG combinée à l'approche multicritère de Saarty AHP, a été utilisée dans cette optique. Le choix des critères et de la méthode de pondération a été une étape fondamentale de cette étude ; De plus, c'est en combinant tous ces critères (facteurs et contraintes) que les résultats ont été produits. Ces derniers montrent que 9 % de la superficie totale de l'arrondissement de Bélabo possède un potentiel élevé pour être une zone propice à l'installation des centrales solaires. Toutefois, les contraintes et les facteurs restent modifiables à la faveur des décideurs et des experts. Ainsi la combinaison des SIG et l'analyse multicritères est flexible et peut être appliquée dans différentes régions et pour diverses thématiques (développement de l'énergie renouvelable, risques environnementaux, etc.). Les données d'entrées et le choix du poids des critères sont fondamentaux dans la définition du résultat final. Alors, les facteurs et les critères doivent correspondre le plus possible aux caractéristiques du territoire étudié

REMERCIEMENTS

Les remerciements sont principalement adressés au Ministère de l'Eau et de l'Energie, qui à travers sa Direction du Projet d'électrification par Système Solaire Photovoltaïque de 166 localités (PE 166L), nous a permis de faire la descente de terrain dans la l'arrondissement de Bélabo pour la collecte des données.

RÉFÉRENCES

[1] Benseddik O, Djaloud F. Etude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque. Kasdi Merbah Ouargla, 2012.
[2] Fojepde. « Atelier météo et énergie » Livret énergie. DGCID, IRD; 2008.
[3] Global Village Cameroon. Etat des lieux du cadre règlementaire du secteur des énergies renouvelables au Cameroun. 2012.
[4] Tchatat G. Cameroun - Contribution à la préparation du rapport national pour la formulation du livre blanc régional sur l'accès universel aux services énergétiques intégrant le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. PNUD; 2014.
[5] Gouvernement camerounais. Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi 2009.
[6] Julirex I, Huawei TC. Etude d'Impact Environnemental et Social du Projet d'électrification par système PV. Yaoundé: 2013.
[7] Chaoubi H, Bougueffa ML. Choix de site optimal pour la production d'hydrogène solaire par approche SIG basée sur l'analyse multicritères : Application région de Ouargla. KASDI MERBAH OUARGLA, 2017.
[8] MINEPAT. Plan Communal de Développement de Bélabo 2012:156.
[9] JRC EC, CM SAF C monitoring. Système d'information géographique photovoltaïque - carte interactive 2018. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr (accessed August 2, 2018).
[10] Maingueneau B. Analyse multicritère pour l'implantation d'éoliennes aux îles de la Madeleine. Sherbrooke, 2016.
[11] Gisement solaire. Anal. Pertes Therm., 2012.
[12] Zgheib T. Approche multicritère pour l'implantation d'éoliennes au Liban. paris diderot, 2017.
[13] MINEE. Rapport sur la situation energetique au Cameoun, édition 2015 2015.
[14] Sadeghi, Karimi. GIS-Based Solar and Wind turbine site selection using multi-criteria analysis: Case study Tehran, Iran. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2017;XLII-4/W4:8.
[15] Koalaga Z. Electricité solaire photovoltaique 2009.

[16] Autran J, Roux C. Groupe de travail "Nomenclature urbaine - Occupation du sol grande échelle." Marseille: laboratoire ABC, ENSA-Marseille; CRIGE-PACA; 2008.
[17] Sanda Gounda H. Cartographie de la dynamique de l'occupation des sols et de l'erosion dans la ville de Niamey et sa peripherie. Memoire Online 2009. https://www.memoireonline.com/01/11/4204/m_Cartographie-de-la-dynamique-de-loccupation-des-sols-et-de-lerosion-dans-la-ville-de-Niamey-e2.html (accessed August 30, 2018).
[18] Semassou C. Aide à la décision pour le choix de sites et systèmes énergétiques adaptés aux besoins du Benin. Bordeaux 1, 2011.
[19] Sergies, Nca E. Etude d'impact sur l'environnement de la centrale solaire photovoltaique au sol. 78, avenue Jacques Coeur CS10000 86 068 POITIERS Cedex9: 2016.
[20] Mevlut U. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. Renew Sustain Energy Rev 2013:11–7.
[21] Saaty T. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill. New York: 1980.
[22] El Amraoui SM, Mohamed R, Mourad B, El Idrissi A. Intégration du SIG et de l'analyse hiérarchique multicritere pour l'aide dans la planification urbaine : étude de cas de la province de Khemisset, Maroc 2017:21.
[23] Caillet R. Analyse multicritère : Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie 2003:52.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 953-964
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Influence de l'image du pays d'origine du produit sur le comportement d'achat : Une application dans le contexte camerounais

[The effect of the image of the originating country of a product over the purchasing behavior : An application to the cameroonian context]

KUATE KAMGA Sangeniss Leblanc[1], EWODO MEKA Roland[2], and TCHATA KEZETA Bili Samuel[3]

[1]Moniteur, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion de l'Université de Dschang, BP : 110 Dschang, Cameroon

[2]Enseignant-chercheur, Institut Supérieur de Technologie Appliquée et de Gestion, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion de Yaoundé II, BP : 12752-Yaoundé, Cameroon

[3]Enseignant-chercheur, Institut Universitaire et Stratégique de l'Estuaire, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion de Dschang, BP : 4100 Douala, Cameroon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article is meant to show to what extend the country of origin's image affects the consumer's purchasing behavior. To this end, a survey has been carried out over a sample of 204 households. The data obtained there from have been analyzed and processed through Pearson correlation coefficient. As a result, it happened that Cameroonian consumers are concerned at various levels with the characteristics of the originating country over the quality and the global assessment of the product. Therefore, when purchasing clothes, Cameroonian consumers carry a particular attention over the country of origin of the product (Made in). Particularly the democratic system of the concerned country, its life standard, the global quality of it products, its industrialization level and the country's welfare.

KEYWORDS: Country of origin, purchasing behavior, consumer, behavior, perception.

RÉSUMÉ: Cet article a pour objet de montrer dans quelle mesure l'image du pays d'origine peut influencer le comportement d'achat du consommateur. Pour ce faire, une enquête par sondage sur un échantillon de 204 ménages a été faite. Les données obtenues ont été traitées et analysées au moyen du coefficient de corrélation de Pearson. Ainsi, il apparaît que les consommateurs camerounais sont influencés à des degrés différents en ce qui concerne les caractéristiques du pays d'origine sur la qualité perçue et l'évaluation globale du produit. De ce fait, lors de l'achat d'un vêtement, les consommateurs camerounais portent une attention particulière sur les caractéristiques de l'origine de provenance du produit ('made-in') ; en particulier sur le système démocratique du pays, son niveau de vie, la bonne qualité globale des produits, le niveau de production industriel et le bien-être du pays.

MOTS-CLEFS: pays d'origine, comportement d'achat, consommateur, attitude, perception.

1 INTRODUCTION

L'ouverture des frontières ou la globalisation des marchés par une volonté commune des Etats, favorise une libre circulation des personnes et des biens et services. Ces biens provenant des pays divers portent l'étiquette 'Made-in' qui représente le

label de ces pays. Les consommateurs qui autrefois se focalisaient beaucoup plus sur le marketing mix, ne s'intéressent plus uniquement sur le meilleur rapport qualité-prix du produit mais également de l'origine de production du produit, qu'on désigne sur le vocable « made in ». De ce fait, l'effet du pays d'origine peut donc être considéré comme une barrière intangible qui régule les relations entre les pays mais aussi le comportement d'achat des consommateurs face aux produits issus de ces pays [1].

Les consommateurs de tous les horizons font face désormais à ce label. Dans cette perspective, pour le cas du Cameroun, [2] ont pu démontrer une influence significative de l'attribut pays d'origine sur le choix des vins positionnés haut de gamme. Toutefois, la libéralisation des marchés camerounais qui s'est traduite par l'autorisation d'importer la friperie, l'abolition des contingentements, a porté un sérieux coup au développement des industries textiles. Bon nombre de PME ont fermé les portes et les plus résistantes fonctionnent au tiers de leur capacité de production. Actuellement, le marché des produits textiles est dominé par des produits importés venus d'Asie et d'Europe[1]. On note une grande extraversion des habitudes de consommation qui se traduit par des importations des matières textiles (tissus spéciaux, tissus imprégnés, étoffes de bonneterie, vêtements, friperie, autres articles textiles…). Ces importations sont passées de 63 milliards en 2008 à 97 milliards en 2011, soit une augmentation de 54%

Le choix des produits étrangers par les consommateurs camerounais peut s'expliquer par le fait que les produits provenant de l'extérieur soient de bonne qualité ou proposés à des prix bas. Face à une telle situation, le gouvernement a pris l'initiative d'organiser des journées promotionnelles du textile, dénommées « TEXTILE SHOW[2] ». Ces journées visent à stimuler la consommation locale du textile camerounais, par l'amélioration de son image, et contribuer non seulement à lutter contre la pauvreté mais également de positionner le Cameroun au même niveau que certains pays d'Afrique de l'Ouest où hommes et femmes confondus s'habillent essentiellement en tenues traditionnelles à base du textile local.

En dépit du nombre relativement considérable de recherches qui ont étudié les effets du pays d'origine sur l'attitude des consommateurs, la plupart a travaillé en présence des pays. Rares sont celles qui se sont intéressées sur les caractéristiques du pays d'origine sans personnalisé un pays quelconque. C'est précisément pour tenter d'apporter notre contribution à cet état de l'art que cette recherche propose de **montrer dans quelle mesure l'image du pays d'origine peut influencer le comportement d'achat du consommateur.** Cette étude se situe dans une logique de compréhension du comportement du consommateur camerounais face au 'made in' apposé sur le produit. Elle nous amène à nous poser la question centrale suivante : « quelles sont les variables de l'image du pays d'origine qui pourraient affecter l'attitude des consommateurs ? ». La principale ambition de ce travail est de vérifier le lien qui existe entre l'image du pays d'origine de fabrication et l'attitude des consommateurs. Ceci nous donne l'occasion tout d'abord de : Mettre en exergue l'effet de l'image du pays d'origine de fabrication sur la qualité perçue du produit. Ensuite d'évaluer l'effet de l'image du pays d'origine de fabrication sur l'évaluation globale du produit. Cependant, nous convenons avec [3] que l'image du pays d'origine renvoie *« aux symboles nationaux et culturels d'un pays, à la situation économique et politique, au degré d'industrialisation,…* ». Ce qui permet d'appréhender le pays de fabrication comme le pays dans lequel le produit est assemblé ou fabriqué. L'attention a été portée sur les produits vestimentaires parce qu'il s'agit des produits corporels que l'on consomme au quotidien, ils peuvent être achetés par toutes catégories de personnes : hommes ou femmes, vieillards ou jeunes quelque soit leur catégorie socio professionnelle.

Pour répondre aux objectifs ci- dessus énoncés, le présent travail est organisé en trois parties : la première partie présente le cadre théorique de l'étude. La deuxième partie traite des aspects méthodologiques. Les interprétations et la discussion des résultats feront l'objet de la troisième partie.

A partir de la problématique énoncée ci-dessus, et en s'appuyant sur les modèles des auteurs **([4]**, [5], [6], [7]), nous pouvons formuler les hypothèses suivantes :

H1 : L'image du pays d'origine de fabrication a une influence positive sur la qualité perçue du produit.

H2 : L'image du pays d'origine de fabrication a une influence positive sur l'évaluation globale du produit.

[1] Chambre de Commerce, d'Industrie des Mines et de l'Artisanat 2006-Cameroun

[2] 1ère édition des Journées du Textile au Cameroun, 2012

2 CADRE METHODOLOGIQUE

2.1 MODÈLE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE ET OPÉRATIONNALISATION DES VARIABLES

Le modèle théorique de l'étude se présente comme suit.

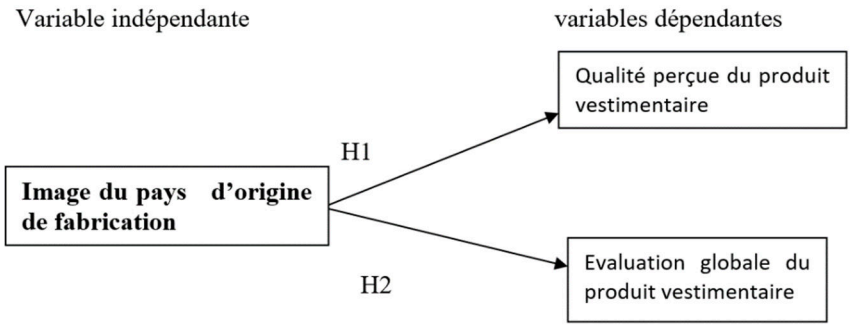


Schéma n°1 : Modèle théorique de l'étude

2.2 CHOIX ET CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

Nous avons opté pour un échantillon de convenance. Ce choix est justifié par l'absence d'une base de sondage. Un pré-test du questionnaire a été effectué auprès de 65 individus âgés d'au moins 15 ans et ayant déjà acheté une fois les vêtements, ce qui a permis de reformuler certains vocabulaires, mais sans changement majeur. L'administration du questionnaire a été réalisée par des enquêteurs dans les villes de Bafoussam et Dschang (région de l'Ouest Cameroun). Les questionnaires ont été remis aux répondants soit à leur domicile soit à leur lieu de travail. Sur 250 questionnaires administrés, 204 se sont avérés utilisables soit un taux de réponse de 82%. L'échantillon de convenance était composé comme suit : Femmes (61.8%) et hommes (38.2%), âges entre 15-25 ans (66.2%), 26-35 ans (26%), 36-45 ans (9.5%), 46-65 (3.5%), et plus de 65 (0.5%). En termes de niveau d'étude 68,1% déclarent avoir le niveau supérieur, 24.5% le niveau secondaire et 7.4% le primaire. 35.29% a un revenu mensuel de moins de 50 000, 30.39% a un revenu compris entre 50001 à 150000, 19.60% déclare avoir un revenu entre 150 001 à 250 000 et 14.70% à plus de 250 001. En termes de catégorie socioprofessionnelle 67.6% est sans emploi, 16,7% des Simples employés, 7.8% est artisan/commerçant, 2% des chefs d'entreprise, et 5.9% des cadres (cf tableau 9 en annexe). Le questionnaire a été subdivisé en quatre parties : la première concerne l'information sur le pays d'origine, la deuxième est centrée sur le comportement d'achat, la troisième sur les caractéristiques des enquêtés, enfin la quatrième porte sur les caractéristiques des enquêtés.

2.3 OPÉRATIONNALISATION DES VARIABLES

Nous avons confronté plusieurs variables dans le cadre de cette étude : la variable indépendante (image du pays d'origine) et les variables dépendantes (qualité perçue et l'évaluation globale du produit).

2.3.1 MESURE DE L'IMAGE DU PAYS D'ORIGINE

Pour mesurer l'image du pays d'origine, on a adopté des échelles déjà utilisées et validées dans la littérature. A cet effet, l'image du pays d'origine de fabrication a été mesurée à l'aide d'une échelle à 10 items ([8], [3]).

2.3.2 MESURE DE LA QUALITÉ PERÇUE DU PRODUIT

Des échelles multi-items et mono-item sont couramment utilisées dans les recherches sur le pays d'origine pour mesurer la qualité perçue du produit [9]. Ces auteurs suggèrent de résumer la qualité perçue d'un produit autour de quatre dimensions: l'avancée technologique, le design, le prestige et le savoir-faire apporté. Pour l'échelle mono-item la réponse de la plupart des répondants se situait entre « Très mauvaise qualité » et « Très bonne qualité ». De plus les auteurs tels que [10], [11] ont également utilisé l'échelle mono-item pour mesurer la qualité perçue du produit et de la marque sur le format « mauvaise qualité - bonne qualité ». Les formats «Très mauvaise qualité -Très bonne qualité » et « mauvaise qualité - bonne qualité » ont été dans la majorité des travaux utilisés pour mesurer la qualité perçue du produit ([12], [4]). Dans le cadre de ce travail, nous

avons utilisé une échelle multi-item portant sur le format « Pas important-Très important » et « pas du Tout d'accord - Tout à fait d'accord[3] » [13].

2.3.3 MESURE DE L'ÉVALUATION GLOBALE DU PRODUIT

L'évaluation globale renvoie au sentiment qu'un consommateur éprouve à l'égard d'un produit ou une marque. De ce fait, nous avons opté pour une échelle multi-item pour mesurer cette variable sur le format « Pas satisfait-Très satisfait »

Tableau 1. Synthèse des variables

Variables dépendantes	**Indicateurs de mesures**	**Modalités**	**Principaux auteurs**
Qualité perçue vestimentaire	-Durabilité -Disponibilité -Bonne présentation -Prix -Solidité	1=Pas important 2=Peu important 3=Moyennement important 4=Important 5=Très important	[9], [14], [15], [16], [17], [18]
Évaluation globale vestimentaire	-Prix -Temps mis pour l'achat -Beauté -Disponibilité	1=Tout à fait d'accord 2=D'accord 3=indifférent 4=Peu d'accord 5=Pas du tout d'accord	[19],[4], [11]
Variable indépendant	-le système démocratique du pays		
Image du pays d'origine	-le système capitaliste du pays -le niveau de vie faible du pays -la stabilité de l'environnement économique du pays -la bonne qualité globale des produits en général du pays -bien être du pays -le niveau d'industrialisation faible du pays -niveau de la recherche technologique élevé du pays -le degré d'alphabétisation élevé du pays -la production industrielle du pays	1= oui 2= non	[8], [3]

2.3.4 MÉTHODE D'ANALYSE ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Apres l'obtention des données sur le terrain, nous avons procédé à un dépouillement, en éliminant les questionnaires qui étaient incomplets.

Dans les travaux antérieurs, les auteurs tels que [7[, [6] ont utilisé le coefficient de corrélation de Pearson pour mettre en exergue l'influence du pays d'origine sur le comportement du consommateur. Dans ce travail, nous avons également, utilisé la même méthode d'analyse pour vérifier si effectivement il existe une corrélation entre la variable indépendante (image du pays d'origine) et les variables dépendantes (qualité perçue et l'évaluation globale du produit). Le traitement des données a été fait au moyen du logiciel SPSS.21

[3]Cette échelle traduite a été utilisée par Holbrook et Ray pour mesurer l'attitude envers la publicité. Cette échelle comporte 4 items et se présente sous la forme d'une échelle de Likert en 5 modalités (Pas du tout d'accord ; plutôt pas d'accord ; ni d'accord ni pas d'accord ; plutôt d'accord ; tout à fait d'accord)

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Après une description de la perception des consommateurs camerounais, nous élaborerons une classification de ces derniers en fonction de la qualité perçue et l'évaluation globale du produit.

3.1 PERCEPTION DU CONSOMMATEUR CAMEROUNAIS QUANT À LA QUALITÉ PERÇUE DU PRODUIT

Les tableaux allant de 7.a à 7.e en annexe montrent que la majorité des consommateurs camerounais au moment de leur achat accordent plus d'importance au prix du produit (88.7%), à la solidité du produit (82.55%), à la durabilité du produit (79.9%), à la bonne présentation du produit (73.8%), et n'accordent pas ou peu d'importance à la disponibilité des vêtements (42.2%). Cet intéressement n'est pas un cas isolé, c'est un comportement que l'on observe chez la plupart des consommateurs ou acheteurs. Ce comportement peut se justifier par le fait que les produits vestimentaires durables sont souvent confondus avec les produits moins durables à travers la contrefaçon qui ne cesse de proliférer dans le marché mondial et en particulier dans le marché Camerounais. Le prix en tant qu'une variable extrinsèque du produit occupe une place capitale pour l'acquisition d'un bien, il peut déterminer si le produit est de bonne ou mauvaise qualité.

3.2 PERCEPTION DES CONSOMMATEURS CAMEROUNAIS QUANT À L'ÉVALUATION GLOBALE DU PRODUIT

Les tableaux allant de 8.a à 8.i en annexe, nous permettent de mieux appréhender les jugements des consommateurs à l'égard des différentes composantes de l'évaluation globale du produit. Il ressort de ces tableaux que le jugement des consommateurs camerounais varie à des degrés différents en fonction des caractéristiques de l'évaluation globale du produit. La plupart des personnes interrogées estiment être satisfaites ou très satisfaites par rapport au prix (59,55%), et la beauté du produit (75,45%). Pour les caractéristiques temps mis pour l'achat (58,35%) et la disponibilité du produit (53,15%), Certains estiment ou jugent ne pas être satisfaits ou peu satisfaits.

3.3 TYPOLOGIE DE LA QUALITÉ PERÇUE

Les répondants ont été regroupés en deux groupes (cf tableau 2). Le groupe 1 est qualifié de « qualité perçue mauvaise » c'est-à-dire correspond à ceux qui ne trouvent pas très important le critère de durabilité, de disponibilité, de bonne présentation, de prix et de solidité. Le groupe 2 est qualifié de « qualité perçue bonne ». Ce groupe 2 est caractérisé par ceux qui trouvent très important le critère de durabilité, de disponibilité, de bonne présentation, de prix et de solidité

Tableau 2. Description des groupes par rapport à l'attachement

		Attachement par rapport à la durabilité	Attachement par rapport à la disponibilité	Attachement par rapport à la bonne présentation	Attachement par rapport au prix	Attachement par rapport à la solidité
Groupe	G1	Pas important	Pas important	Pas important	Pas important	Pas important
	G2	Très important	Très important	Très important	Très important	Très important

DESCRIPTION DES GROUPES EN TERMES DE CONTRIBUTION

Pour identifier les différents groupes, un calcul des contributions moyennes de chaque modalité à la constitution du groupe (mesuré par le poids) a été effectué sur les 204 individus de l'échantillon. Cette analyse nous a permis d'obtenir deux groupes d'individu. Le tableau ci-dessous illustre les contributions de chaque caractéristique à partir du poids et de leurs modalités.

Tableau 3. Description des groupes par rapport à la modalité et le poids

	Groupe1		Groupe2	
	Modalité	Poids	Modalité	Poids
Attachement par rapport à la durabilité	Pas important	2.66	Très important	4.34
Attachement par rapport à la disponibilité	Pas important	2.93	Très important	2.97
Attachement par rapport à la bonne présentation	Pas important	3	Très important	3.97
Attachement par rapport au prix	Pas important	3.85	Très important	4.41
Attachement par rapport à la solidité	Pas important	2.56	Très important	4.53

A la lecture de ce tableau, il ressort deux groupes d'individus ayant des contributions à de degrés différents : Le groupe 1 donne la contribution respective des individus n'ayant pas un attachement par rapport à la durabilité, la disponibilité, la bonne présentation, au prix et à la solidité. En effet, il s'agit des consommateurs qui n'accordent pas une place prépondérante à ces caractéristiques pour l'achat des vêtements. Le groupe 2 correspond aux individus qui accordent une place importante à ces caractéristiques ci-dessus, autrement dit, la contribution des individus ayant un attachement par rapport à la durabilité est de 4.34 ; à la disponibilité de 2.34 ; à la bonne présentation de 3.97 ; au prix de 4.41 et à la solidité de 4.53.

3.4 TYPOLOGIE DE L'ÉVALUATION GLOBALE

Les répondants ont été regroupés en deux groupes (tableau 4). Le groupe 1 est constitué de ceux qui ne jugent **pas être satisfaits** en ce qui concerne le prix, temps mis pour l'achat, la beauté, la disponibilité. Le groupe 2 est constitué par ceux qui jugent être **satisfaits** des caractéristiques telles que le prix, temps mis pour l'achat, la beauté, la disponibilité, au moment de l'achat des produits vestimentaires.

Tableau 4. Description des groupes par rapport au jugement des produits vestimentaires

		Jugement par rapport au prix	Jugement par rapport au Temps mis pour l'achat	Jugement par rapport à la beauté	Jugement par rapport à la disponibilité
Groupe	G1	**Pas satisfait**	**Pas satisfait**	**Pas satisfait**	**Pas satisfait**
	G2	Tres satisfait	Tres satisfait	Tres satisfait	Tres satisfait

DESCRIPTION DES GROUPES EN TERMES DE CONTRIBUTION

Le tableau 5 ci-dessous présente également la contribution de chaque groupe. La valeur des poids dans ce tableau correspond à la contribution de chaque groupe en fonction de leurs caractéristiques. Le groupe1 donne la contribution de chacun de ses constituants, autrement dit, les consommateurs n'ayant pas un Jugement par rapport au prix pour le groupe1 contribuent de 2.8 dans l'ensemble. On peut également observer dans le tableau la contribution des autres. Par contre le groupe 2 correspond à ceux qui contribuent à hauteur importante, autrement dit dans ce groupe les consommateurs qui ont des jugements par rapport au prix, au temps mis pour l'achat, à la beauté, disponibilité contribuent respectivement de 3.97 ; 3.85 ; 4.31 ; 3.49.

Tableau 5. Description des groupes par rapport à la modalité et le poids

	Groupe1		Groupe2	
	Modalité	poids	Modalité	Poids
Jugement par rapport au prix	Pas satisfait	2,80	Très satisfait	3,97
Jugement par rapport au temps mis pour l'achat	Pas satisfait	2,23	Très satisfait	3,85
Jugement par rapport à la beauté	Pas satisfait	3,37	Très satisfait	4,31
Jugement par rapport à la disponibilité	Pas satisfait	2,59	Très satisfait	3,49

3.5 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EMPIRIQUES

Tableau 6. Résultat de la corrélation relative aux produits vestimentaires

	Coef. de corrélation de Pearson	
Image du Pays de fabrication	**Qualité perçue vestimentaire**	**Evaluation globale vestimentaire**
Système démocratique du pays de fabrication	0.1831**	-0.0922
Système capitaliste du pays de fabrication	0.0955	-0.0597
Niveau de vie du pays de fabrication	0.1568*	0.0247
Stabilité de l'environnement économique du pays	0.0444	-0.1143
La bonne qualité globale des produits en général du pays de fabrication de ces produits	-0.220**	0.1109
Bien être du pays	0.0605	-0.1601*
Niveau d'industrialisation du pays	0.0663	0.0944
Niveau de la recherche technologique du pays	0.0068	-0.0658
Degré d'alphabétisation du pays	0.1090	-0.1115
Niveau de production industriel du pays	-0.1416*	0.0014

*** (*) significatif au seuil de 1%, (5%)*

Les résultats issus de ce tableau soulignent que les répondants évaluent différemment les vêtements au moment de leur achat à travers les différents items du pays d'origine. Ainsi, l'interprétation se fera en fonction de la qualité perçue d'une part et d'autre part en fonction de l'évaluation globale du produit

3.6 INTERPRÉTATION DE L'IMAGE DU PAYS D'ORIGINE SUR LA QUALITÉ PERÇUE DES VÊTEMENTS

Il ressort de ce tableau que le pays d'origine affecte différemment la qualité perçue des vêtements. En effet, on peut dire qu'il existe une corrélation positive entre le système démocratique du pays de fabrication et la qualité perçue des vêtements d'une part (coef = 0.1832 p < 1%) et d'autre part, le niveau de vie du pays de fabrication et la qualité perçue des vêtements (coef = 1568 p < 5%). En d'autres termes, le système démocratique et le niveau de vie du pays, ont une influence significative sur la qualité perçue des vêtements. Ceci traduit effectivement que les consommateurs au moment de l'achat de leurs vêtements s'intéressent plus au système démocratique et du niveau de vie du pays plutôt qu'aux vêtements provenant des pays à systèmes dictatoriaux et à niveau de vie faible.

Par ailleurs, la bonne qualité globale des produits du pays (coef=-0.220), et le niveau de production industriel du pays de fabrication (coef=-0.1416) influencent négativement la qualité perçue des vêtements respectivement au seuil de 1% et 5%.

Comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, on note une absence de corrélation entre les variables indépendantes (le système capitaliste du pays de fabrication coef=0,0955 ; la stabilité de l'environnement économique coef=0,0444 ; le bien être du pays coef=0,0605 ; du niveau d'industrialisation coef=0068; niveau de la recherche technologique coef=0,0068 et du degré d'alphabétisation du pays coef=0,1090) et la variable dépendante (qualité perçue vestimentaire).

De façon générale, on peut dire que l'image du pays d'origine influence de façon significative à de degrés différents la qualité perçue des vêtements si cette image est appréhendée par les composantes telles que système démocratique, le niveau de vie, la bonne qualité globale des produits en général et le niveau de production industriel du pays. Ce résultat confirme ainsi, les conclusions de plusieurs auteurs ayant affirmé que le pays d'origine de fabrication influençait la qualité perçue du produit ([3], [20]).

3.7 INFLUENCE DE L'IMAGE DU PAYS D'ORIGINE SUR L'ÉVALUATION GLOBALE DES VÊTEMENTS

Comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, on note une absence de corrélation entre les items de la variable indépendante (le système démocratique du pays coef = -0.0922 ; le système capitaliste coef = -0.0597 ; le niveau de vie coef = 0.0247 ; la stabilité de l'environnement économique coef = -0,1143, la bonne qualité globale des produits coef = 0.1109, le niveau d'industrialisation du pays coef = 0.0944, le niveau de la recherche technologique coef = -0.0658, le degré d'alphabétisation coef = -0.1115 et le niveau de production industriel du pays coef = 0.0014) et la qualité perçue des vêtements. L'absence de corrélation peut s'explique par le fait que les produits vestimentaires font souvent l'objet d'achats impulsifs et

ne nécessitent pas une forte utilisation d'indices informationnels surtout lorsqu'il s'agit des vêtements de « *deuxième choix ou de seconde-main* ». Les consommateurs camerounais ayant un revenu relativement faible pourraient témoigner l'absence d'un fort sentiment à l'égard des produits. Toutefois, il ressort également du tableau une corrélation négative entre le bien être du pays de fabrication et l'évaluation globale des vêtements au seuil de 5%. Autrement dit le bien être influence négativement l'évaluation globale.

Par ailleurs, en prenant isolement chaque item du pays d'origine, on peut dire que le pays d'origine influence partiellement l'évaluation globale du produit vestimentaire. Ce qui confirme partiellement l'hypothèse H2.

4 CONCLUSION

L'objectif essentiel de ce travail visait à déterminer dans le contexte camerounais, le lien qui existe entre l'image du pays d'origine de fabrication et l'attitude des consommateurs envers les produits vestimentaires. Comme méthode d'analyse, nous avons utilisé le coefficient de corrélation de Pearson. Les données obtenues ont été minutieusement traitées. Les résultats obtenus montrent que le pays d'origine de fabrication influence à de degrés différents le comportement des consommateurs. Autrement dit, le pays d'origine influence plus la qualité perçue que l'évaluation globale du produit. Bien que cette étude ait été réalisé sur la population camerounaise et sur les vêtements, les résultats obtenus s'inscrivent parfaitement dans le sens des conclusions des travaux antérieurs ([4], [6], [3]). Ce travail pourrait édifier les consommateurs dans le choix de l'acquisition d'un produit en se focalisant sur certains aspects tels que le système démocratique du pays**,** son niveau de vie, sa bonne qualité globale des produits et le niveau de production industriel du pays. Ces caractéristiques témoignent de la bonne qualité du produit.

Toute fois, cette étude présente certaines limites. L'échantillonnage a été réalisé au Cameroun et uniquement dans la région de l'ouest. De plus, nous n'avons que pris en compte deux dimensions de l'attitude à savoir la qualité perçue et l'évaluation globale du produit. Pour cela, nous pensons qu'il faut poursuivre la recherche sur cette thématique dans d'autres environnements en insistant sur les trois dimensions de l'attitude tout en intégrant le degré d'ethnocentrisme. Ceci permettrait de vérifier si les répondants sont influencés par leur prédisposition à acheter les produits locaux (par exemple : les répondants camerounais auxquels on demande de réagir par rapport au « Made in Cameroon »)

Nous attirons néanmoins l'attention des dirigeants des entreprises sur la diversité des comportements des consommateurs. A cet effet, nous leurs recommandons de prêter une attention particulière en ce qui concerne le choix du produit et son lieu de provenance via fabrication. Par ailleurs, les résultats issus de la présente recherche pourraient permettre aux individus de mieux comprendre le comportement des consommateurs à l'égard des produits vestimentaires et de mettre sur pied des stratégies pour mieux captiver l'attention de ces derniers.

REFERENCES

[1] Wang C. et Lamb C. (1983), "The impact of selected environmental forces upon consumers willingness to buy foreign products", *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 11, N°. 2, pp. 71-84.

[2] Tsapi V., Djeumene P. et Tchuente M. (2009), "rôle du pays d'origine dans la perception de la qualité du vin par le consommateur africain : une étude menée dans le contexte camerounais", *Revue Internationale des Sciences Commerciales*, le marketing en Afrique, comportements des consommateurs et pratiques commerciales, pp.34–54

[3] Niagara F. O. et Leila H. E. (2009), "Image globale et compétences perçues du pays d'origine : quelle influence sur l'évaluation de produit à faible ou forte complexité technologique ? " ASAC, congrès annuel, Ontario Juin 6-9.

[4] Han C. M. (1990), "Testing the Role of Country Image in Consumer Choice Behaviour", *European Journal of Marketing*, Vol.24, N°. 6, pp. 24-40.

[5] Pharr J. M. (2005), Synthesizing Country-of-Origin Research From the Last Decade: Is the Concept Still Salient in an Era of Global Brands?, *Journal of Marketing*, Fall, pp. 34-45.

[6] Verlegh P. W. J. et Steenkamp, J. B. E. M. (1999), "A review and meta-analysis of country-of-origin research", *Journal of Economic Psychology*, Vol. 20, pp.521-546.

[7] Liefeld J. (1993), "Country-of-Origin Effects: Review and Meta-Analysis of Effects Size, in Papadopoulos N. & Heslop, L. A. (2003) (eds)", *Product and Country Images: Research and Strategy, New York, Haworth Press, pp. 117-156.*

[8] Martin I. M. et Eroglu S. (1993), "Measuring a Multi-Dimensional Construct: Country Image", *Journal of Business Research*, Vol. 28, pp. 191-210.

[9] Chéron E. et Propeck J. (1997), The Effects of the Country of Origin on the Evaluation of Products: A State of the Art Review and Research Propositions, IAE de Paris, Cahier de recherche du GREGOR n°5.

[10] Keller K. L. et Aaker D. A. (1992), `The effects of sequential introduction of bran extensions´, *Journal of Marketing Research*, 29 (February), pp.35-50, 1992.
[11] Koromyslov M. (2009), L'impact de la délocalisation du luxe sur les attitudes des consommateurs : le cas des maisons françaises de luxe. *Thèse de doctorat en sciences de gestion*. Université Nancy I.
[12] Batra R., Ramaswamy V., Alden, D.L., Steenkamp J-B. et Ramachander S. (2000), Effects of Brand Local and Nonlocal Origin on Consumer Attitudes in Developing Countries, Journal of Consumer Psychology, 9, 2, pp. 83-95.
[13] Holbrook et Ray (1987) "*Assessing the role of emotions as mediators of consumer responses to advertising", Journal of consumer research*, vol 14.
[14] Nagashima A. (1970), "A Comparison of Japanese and U.S. Attitudes toward foreign products", *Journal of Marketing*, Vol. 34, N°. 1, pp. 68-74.
[15] Nagashima A. (1977), A Comparative 'Made in Product Image Survey Among Japanese Businessmen, *Journal of Marketing, July*, pp. 95-100.
[16] Han C. M. et Terpstra V. (1988), "Country-of-Origin: Effects for Uni-National and Bi-National Products", *Journal of International Business Studies*, summer, pp. 235-255.
[17] Roth M. S. et Romeo J. B. (1992), "Matching Product Category and Country Image Perceptions: a Framework for Managing Country-of-Origin Effects", *Journal of International Business Studies*, ed Quarter, pp. 477-497.
[18] Ahmed S. A, D'Astous A. et Zouiten S. (1993), Personality Variables in the Made-in-Concept, in Papadopoulos N. & Heslop, L. A. (eds), Product-Country Images : Impact and Role in International Marketing, New York, International Business Press, pp. 197-222.
[19] Filser M. (1994), Le comportement du consommateur, Paris : Dalloz.
[20] Insch G. et McBride J. B. (2004), The Impact of Country-of-Origin Cues on Consumer Perceptions of Product Quality: A Binational Test of the Decomposed Country-of-Origin Construct, Journal of Business Research, 57, 2, pp. 256-265.

ANNEXE

PERCEPTION DE LA QUALITÉ PERÇUE DES PRODUITS VESTIMENTAIRES

Tableau 7.a Attachement par rapport à la durabilité

	Eff	%	Cumul %
Pas important	10	4.9	4.9
Peu important	13	6.4	11.3
Moyennement important	36	17.6	28.9
Important	53	26	54.9
Très important	92	45.1	100
Total	204	100	

Tableau 7.b Attachement par rapport à la disponibilité

	Eff	%	Cumul %
Pas important	32	15.7	15.7
Peu important	54	26.5	42.2
Moyennement important	39	19.1	61.3
Important	48	23.5	84.8
Très important	31	15.2	100
Total	204	100	

Tableau 7.c Attachement par rapport à la bonne présentation

	Eff	%	Cumul %
Pas important	5	2.5	2.5
Peu important	9	4.4	6.9
Moyennement important	18	8.8	15.7
Important	60	29.4	45.1
Très important	112	54.9	100
Total	204	100	

Tableau 7.d Attachement par rapport au prix

	Eff	%	Cumul %
Pas important	11	5.4	5.4
Peu important	18	8.8	14.2
Moyennement important	49	24	38.2
Important	54	26.5	64.7
Très important	72	35.3	100
Total	204	100	

Tableau 7.e Attachement par rapport à la solidité

	Eff	%	Cumul %
Pas important	10	4.9	4.9
Peu important	15	7.4	12.3
Moyennement important	21	10.3	22.5
Important	49	24	46.6
Très important	1O9	53.4	100
Total	204	100	

Tableau 8.a Jugement par rapport au prix

	Eff	%	Cumul %
Pas satisfait	24	11.8	11.8
Peu satisfait	27	13.2	25
Moyennement satisfait	63	30.2	55.9
Satisfait	63	30.2	86.8
Très satisfait	27	13.2	100
Total	204	100	

PERCEPTION DE L'ÉVALUATION GLOBALE DES PRODUITS VESTIMENTAIRES

Tableau 8.b Jugement par rapport au temps mis pour l'achat

	Eff	%	Cumul %
Pas satisfait	33	16.2	16.2
Peu satisfait	51	25	41.2
Moyennement satisfait	70	34.3	75.5
Satisfait	26	12.7	88.2
Très satisfait	24	11.8	100
Total	204	100	

Tableau 8.c Jugement par rapport à la beauté

	Eff	%	Cumul %
Pas satisfait	12	5.9	5.9
Peu satisfait	21	10.3	16.2
Moyennement satisfait	34	16.7	32.8
Satisfait	87	42.6	75.5
Très satisfait	50	24.5	100
Total	204	100	

Tableau 8.d Jugement par rapport à la disponibilité

	Eff	%	Cumul %
Pas satisfait	24	11.8	11.8
Peu satisfait	46	22.5	34. 3
Moyennement satisfait	77	37.7	72.1
Satisfait	39	19.1	91.2
Très satisfait	18	8.8	100
Total	204	100	

Tableau 9 : Caractéristiques des répondants

Niveau d'étude:	Effectifs	Pourcentages	Cumul %
Primaire	15	7.4	7.4
Secondaire	50	24.5	31.9
Supérieur	139	68.1	100
Total	204	100	
Genre :			
Masculin	126	61.8	61.8
Féminin	78	38.2	100
Total	204	100	
Age			
De 15 à 25	135	66.2	66.2
De 26 à 35	53	26.0	92.2
De 36 à 45	8	9.5	96.1
De 46 à 65	7	3.4	99.5
Au delà de 65	1	0.5	100
Total	100	100	
Niveau de revenu :			
Moins de 50000	72	35.29	35.29
De 50001 à 150 000 FCFA	62	30.39	65.68
De 150001 à 250 000 FCFA	40	19.60	85.28
De 250 001 à plus	30	14.70	100
Total	204	100	
Catégorie socioprofessionnelle			
Sans emploi	138	67.6	67.6
Artisan, commerçant	16	7.8	75.5
Chef d'entreprise	4	2.0	77.5
Cadre	12	5.9	83.3
Simple employé	34	16.7	100
Total	204	100	

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 965-984
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de la vulnérabilité de la nappe libre de la zone des Niayes (Sénégal) par les méthodes DRASTIC, SINTACS et Index de Susceptibilité (SI)

[Assessment of Groundwater Vulnerability by DRASTIC, SINTACS and Susceptibility Index (SI) Methods in the Niayes Area, Senegal]

Pape Babacar Diop Thioune[1-3], Saïdou NDAO[1-2], Mahécor Diouf[1], Mamadou Salif Diallo[1], Abdoulaye Diédhiou[1-2], and El Hadji Bamba DIAW[1]

[1]Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique de Thiès BPA 10 Thiès, Sénégal

[2]Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, corniche Ouest BP 5085 Dakar-Fann, Sénégal

[3]Université de Thiès, Institut Supérieur Formation Agricole et Rural (ISFAR) BP 54, Bambey, Sénégal

Copyright © 2019 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 Niayes area is home to the Quaternary sands of the northern Senegalese coastline. It offers economic potentialities such as it attracts industry and farmer. Thus, the pressures of anthropogenic origins combined with pejorative climatic conditions, expose it to environmental and social risks, to the extent that the vulnerability of groundwater to pollution calls on researchers and decision-makers. The study presented in this article aims to assess the level of groundwater vulnerability to pollution, using three methods: DRASTIC, SINTACS and SI. The Arc Gis software was used. The parameters used as input data include hydraulic conductivity, static groundwater level, soil type, topographic slope and recharge. Several degrees of vulnerability are identified from south to north ranging from "low" to "high". It is noteworthy that the further away from the coast, the lower the vulnerability and the overall vulnerability of the area, with high-vulnerability areas. To validate our results, we have superimposed a map of nitrate concentration with those of the vulnerabilities to see the most suitable method with this type of pollutant. Comparison of the different results makes it possible to deduce that the SI method is the most appropriate for the assessment of the vulnerability to nitrate pollution, with a 70% coincidence rate between the nitrate concentrations and the different classes of vulnerability.

KEYWORDS: Niayes, coastline, groundwater, vulnerability, pollution, SINTACS, DRATIC, SI.

RÉSUMÉ: La zone des Niayes abrite la nappe des sables quaternaires du littoral nord sénégalais. Elle offre des potentialités économiques telles qu'elle attire industriel et agriculteur. Ainsi, les pressions d'origines anthropiques conjuguées à des conditions climatologiques péjoratives, l'exposent à des risques environnementaux et sociaux, à tel enseigne que la vulnérabilité des eaux de la nappe à la pollution interpelle chercheurs et décideurs. L'étude présentée dans cet article a pour but d'évaluer le niveau de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution à l'aide de trois méthodes : DRASTIC, SINTACS et SI. Le logiciel Arc Gis a permis de faire la cartographie. Les paramètres utilisés comme données d'entrée sont, la conductivité hydraulique, le niveau statique de la nappe, le type de sol, la pente topographique et la recharge. Plusieurs degrés de vulnérabilité sont identifiés du sud au nord allant de « faible » à « élevé ». On note que plus on s'éloigne de la cote, plus la vulnérabilité diminue et que dans l'ensemble, la zone est moyennement vulnérable avec cependant des secteurs à vulnérabilité élevée. Pour valider nos résultats, nous avons superposé une carte de concentration mesurée des nitrates avec celles des vulnérabilités pour voir la méthode la plus adéquate avec ce type de polluant. La comparaison des résultats permet de déduire que la méthode SI est la plus adéquate pour l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution par les nitrates, avec un taux de coïncidence de 70% entre les concentrations en nitrates et les différentes classes de vulnérabilité.

MOTS-CLEFS: Niayes, littoral, nappe, vulnérabilité, pollution, SINTACS, DRASTIC, SI.

Corresponding Author: El Hadji Bamba DIAW

1 INTRODUCTION

L'hydrogéologie du Sénégal se compose de trois (3) grands systèmes aquifères dont le Complexe terminal qui regroupe les nappes moins profondes du continental terminal et du quaternaire qui se superposent. La nappe la plus superficielle dénommée nappe des sables quaternaires du littoral nord, s'étend de Dakar à Saint Louis le long de la cote. Cette région appelée zone des Niayes, riche en ressources naturelles (halieutique, pédologique, géologique et hydrogéologique) présente sur le plan économique, des atouts privilégiés qui l'exposent à des pressions notamment sur ses ressources naturelles et son environnement. En effet, cette zone jadis peu peuplée, attire de plus en plus industriel, agriculteur, pêcheur, touriste et immobilier dont les actions conjuguées perturbent l'écosystème (NDAO, 2012). Cette perturbation s'accentue avec les changements climatiques ou ses effets négatifs qui peuvent fragiliser le littoral, compte tenu de son degré de vulnérabilité.

La péjoration des conditions climatiques notée ces dernières années se manifeste d'une part par une augmentation des températures et par conséquent des besoins en eau des cultures croissant et d'autre part, une diminution de la pluviométrie pouvant entrainer, une diminution de la recharge, une baisse de la piézométrie, une surexploitation et une avancée du biseau salé (MALOU, 2004). Par ailleurs, l'urbanisation galopante de la zone s'accompagne d'actions anthropiques qui se manifestent par une exploitation abusive des sables marins et de la végétation ; accélérant ainsi le processus d'érosion côtière (NDAO, 2012). Ces effets négatifs posent la problématique de la vulnérabilité de la zone face aux changements climatiques et aux actions anthropiques. Dans cet article nous nous interrogeons sur le degré de vulnérabilité des ressources en eaux souterraines du littoral nord qui mérite une réflexion plus poussée pour une meilleure adaptation face aux différentes menaces pouvant impacter les secteurs de l'eau, de l'agriculture et de l'environnement.

Dans ce travail, la vulnérabilité de la nappe a été étudiée avec trois méthodes DRASTIC, SINTACS et SI. Les cartes de vulnérabilité produites grâce au logiciel Arc Gis ont permis de déterminer différentes classes de vulnérabilité sur la zone. Les paramètres hydrogéologies nécessaires comme données d'entrée sont issus de la base de données de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE) du Sénégal.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONES D'ÉTUDE

La zone des Niayes s'inscrit administrativement dans les quatre régions bordant la frange maritime du nord du Sénégal notamment Dakar, Thiès, Louga et Saint-Louis (figure 1). Elle s'étend sur une longueur d'environ 180 Km et sur une largeur de 20 à 30 Km en fonction des études (DIAW at al. 2016 ; NDAO, 2012). La figure 1 présente la zone avec les principales communes concernées.

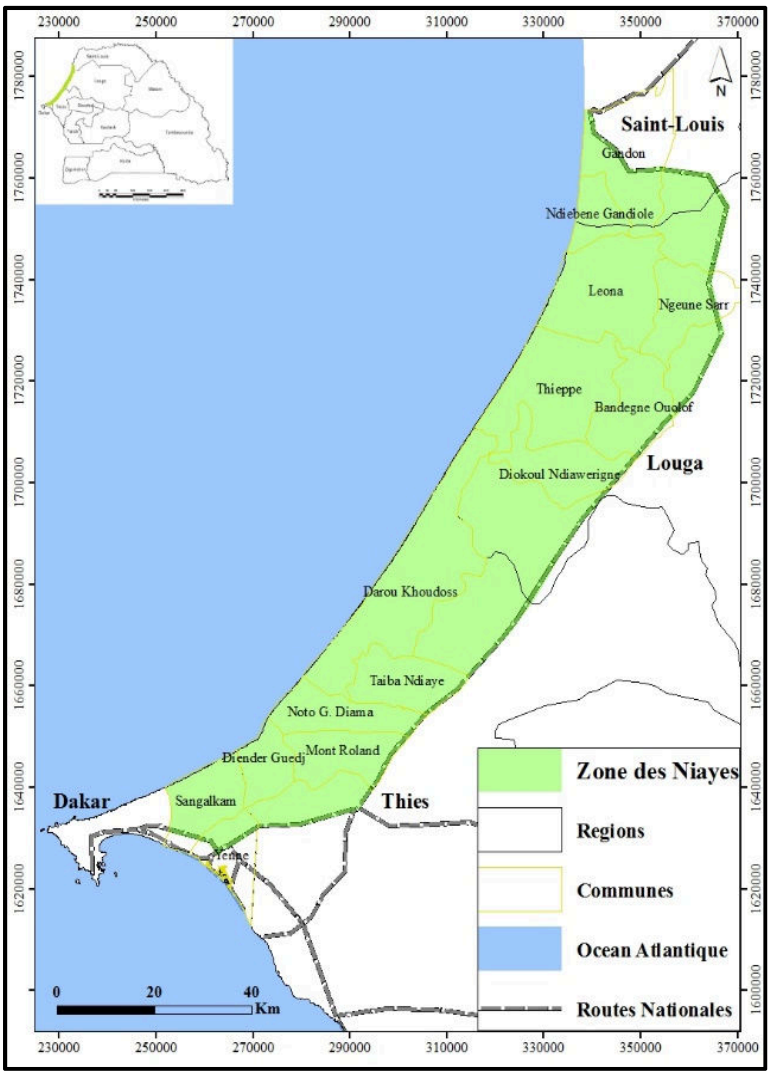


Fig. 1. Carte de la zone des Niayes

Avec la décentralisation, plusieurs communes se sont érigées sur cette bande côtière. Il s'agit de Sangalcam, Diender, Bayakh, Kayar, Notto Gouye Diama, Mboro, Darou Khoudos, Gandon, Léona et Thieppe toutes à vocation agricole. Les « Niayes » sont des dépressions inter-dunaires fermées à nappe phréatique affleurante ou sub-affleurante et sont caractérisées par une succession de dunes et de dépressions. La zone des Niayes comprend plusieurs unités écologiques et renferme des ressources biologiques et minières très importantes dont l'exploitation mérite une attention particulière.

2.1.1 LE CLIMAT

La zone est située en grande parties dans la zone climatique sahélo-soudanienne. Elle est soumise à l'influence des trois vents : l'alizé, l'harmattan, vent chaud et sec et la mousson. Ces vents ont une vitesse moyenne entre Dakar et Saint-Louis de 2 à 5 m/s. Cette vitesse, relativement élevée, rend ces vents responsables de la mise en place et de la mobilité du système des dunes littorales (dunes blanches). Les températures moyennes annuelles se situent entre 23 et 25°C.

2.1.2 LE RELIEF ET LES SOLS

En observant la zone, trois sous zones se dégagent du nord au sud : la frange maritime, la zone intermédiaire appelée Niayes et la zone continentale. En effet une coupe transversale du littoral nord en plusieurs endroits distingue nettement ces trois parties aux caractéristiques distinctes comme l'illustre la figure 2.

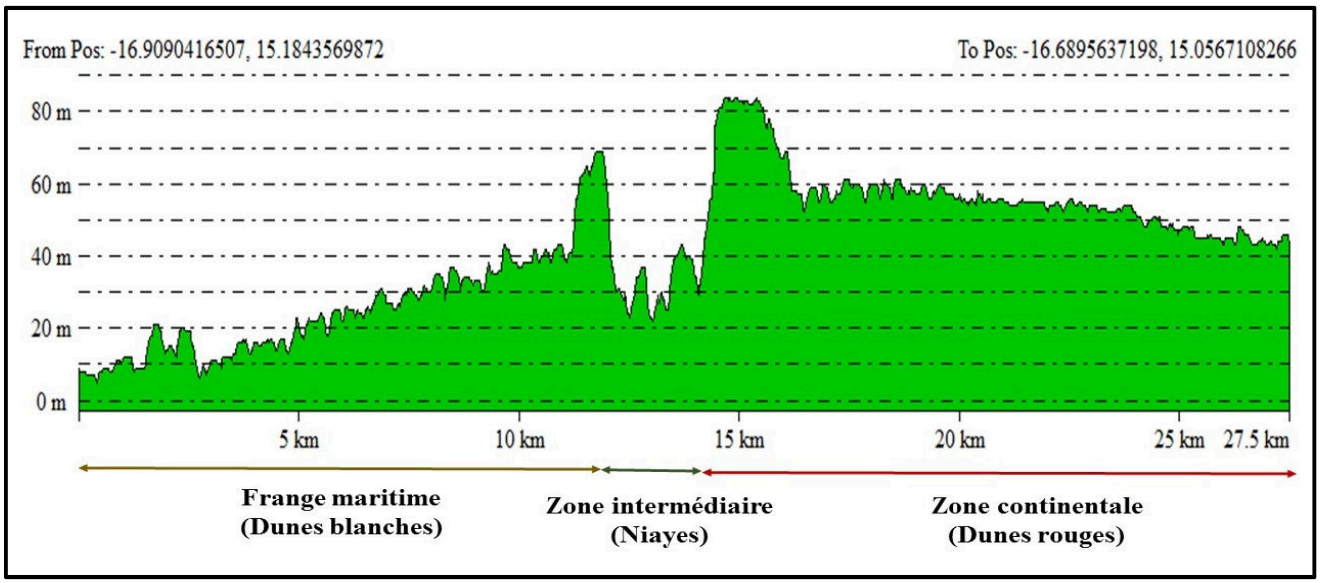


Fig. 2. Coupe transversale de la zone d'étude

Google earth

De nos jours, les vents ont beaucoup rasé les sommets de dunes favorisant ainsi le remblayage des cuvettes.

La zone intermédiaire ou Niayes s'identifie aux sols hydromorphes constitués des sols noirs sableux humifères. C'est une zone de dépressions à mares permanentes ou temporaires. On y retrouve les cuvettes maraîchères et de nombreux bas-fonds. Sur les pentes dunaires, on retrouve essentiellement des plans d'euphorbes qui fixent le sol.

2.1.3 PLUVIOMÉTRIE

Des études récentes ont montré que la pluviométrie a globalement baissé de 35 % en quantité avec une diminution de la durée de la période pluvieuse et une baisse de la fréquence des jours de pluie entre la période 1950-1965 et la période 1970-1995 (Diagne, 2000). En effet dans la zone des Niayes, la pluviométrie a beaucoup diminué comparée aux années humides qu'a connues le Sénégal. Par ailleurs, elle reste variable à tout point de vue comme c'est visible sur les figures 3 et 4.

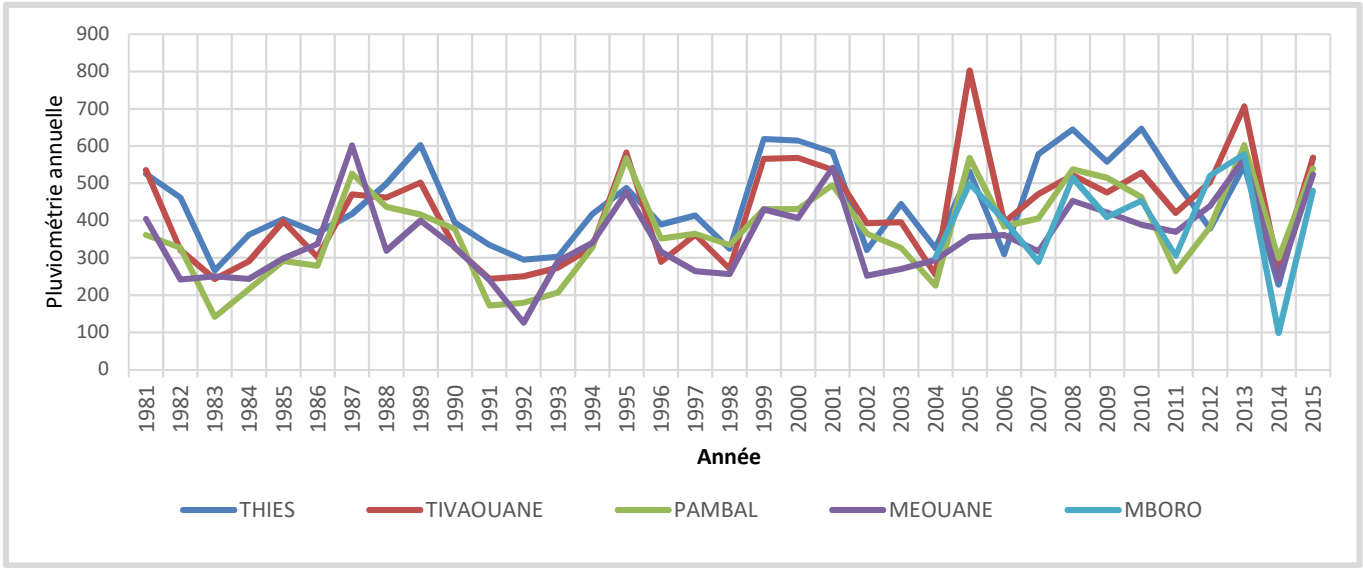


Fig. 3. Pluviométrie moyenne annuelle dans différentes communes de la zone

La figure 3 illustre assez bien la variabilité pluviométrique qui règne dans les différentes communes de la zone des Niayes à l'instar de presque tous les pays sahéliens.

Par ailleurs, le nombre de jour de pluie est très variable comme l'illustre la figure 4 dans plusieurs localités. Le nombre de jour pluvieux est de trente (30) jour en moyenne.

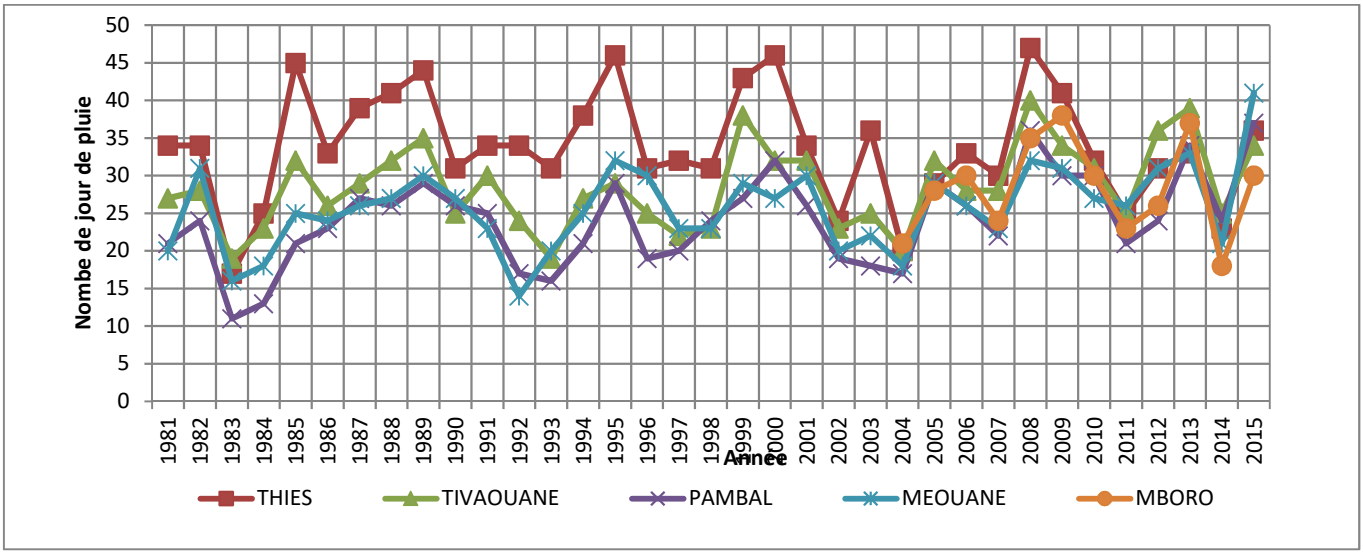


Fig. 4. Variation des jours pluvieux dans quelques localités de la zone des Niayes

2.1.4 ACTIONS ANTHROPIQUES

Durant ces trente dernières années, les terroirs du littoral Nord ont connu de profondes transformations sur les ressources naturelles et les différents écosystèmes. Ces mutations causées par d'intenses phénomènes d'érosion éolienne conjugués aux mouvements des dunes vives maritimes et semi-continentales ont fortement réduit le potentiel agricole des cuvettes qui fournissent l'essentiel de la production maraîchère au Sénégal (Direction de l'horticulture, 2012). Des sols et des puits maraîchers ou « céanes » se sont salinisés suite à la baisse des nappes phréatiques du fait du déficit pluviométrique qui s'est installé dans toute la zone depuis plus de trois décennies et de l'action anthropique sur les ressources naturelles (déboisement, extension des mines et carrières, augmentation des prélèvements d'eau dans la nappe). Depuis 2012, conscient de l'importance de cette zone dans l'économie du pays, le gouvernement du Sénégal, avec l'appui de l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI), a élaboré un Schéma Directeur d'Aménagement de la Grande Côte (SDAGC) qui inclut notre zone d'étude (Direction de l'horticulture, 2013). Cette opportunité a permis la mise en place d'un vaste Programme d'Aménagement et de Développement Economique des Niayes (PADEN) qui est toujours en cours. Son objectif global est de contribuer à la réduction de la pauvreté des populations.

2.2 METHODOLOGIE

Cette évaluation de la vulnérabilité se focalise principalement sur les ressources en eaux souterraines de la nappe du littoral nord. La méthodologie utilisée combine trois méthodes : DRASTIC, SINTACS ET SI.

2.2.1 PRINCIPE DE LA MÉTHODE DRASTIC

Elle a été mise au point par l'EPA (Environment Protection Agency) au Etats Unis en 1985 et Aller et al en1987, afin d'estimer le potentiel de pollution des eaux souterraines (schnebelen et al, 2002). Elle permet d'évaluer la vulnérabilité verticale en se basant sur sept (7) critères :

D : Profondeur de la nappe. Il correspond au niveau statique dans le cadre d'une nappe libre ;
R : Recharge de la nappe ;
A : nature de l'aquifère ;
S : nature du sol ;
T : Topographie du terrain ;

I : Impact de la zone non saturée ;
C : Conductivité hydraulique (perméabilité de l'aquifère).

Chaque critère est cartographié avec une note (ou index) noté n, allant de 1 à 5.

Un facteur de pondération est ensuite appliqué aux différents critères afin de relativiser leur importance en termes de vulnérabilité.

L'index de vulnérabilité final est la somme pondérée des sept (7) paramètres selon la formule :

$$ID = D_n x D_p + R_n x R_p + A_n x A_p + S_n x S_p + T_n x T_p + I_n x I_p + C_n x C_p \quad [1]$$

- Avec **n** variant de 1 à 5, qui représente la notation accordée à chaque paramètre ;
- **p** variant de 1 à 10 qui représente le facteur de pondération accordé à chaque paramètre.

Le tableau 1 indique les notations généralement accordées. Plus la note d'un paramètre est grande, plus son degré de vulnérabilité est élevé

Tableau 1. Notations accordées aux paramètres de la méthode DRASTIC (Lallemand – Barrès, 1994)

D : Distance à la nappe, épaisseur de la zone non saturée		**R : Recharge (pluie efficace)**	
Valeurs en mètres	**Notation**	**Valeurs en mm**	**Notation**
0 - 1,5	10	> 25,5	9
1,5 - 4,5	9	17,5 - 25,5	8
4,5 - 9	7	10 - 17,5	6
9 - 15	5	5 - 10	3
15 - 22	3	0 - 5	1
22,5 - 30	2		
> 30	1		
A : Nature de la zone saturée		**S : Nature du sol**	
Calcaire karstique	10	Peu épais ou absent	10
Basalte	9	Gravier	10
Sable et gravier	8	Sable	9
Calcaire massif	6	Argile, agrégats ou pentes	7
Grés massif	6	Limon sableux	6
Shales en séquence	6	Limon	5
Métamorphique altéré, gré lités, calcaires	4	Limon silteux	4
Métamorphique	3	Limon argileux	3
Shale massif	2	Argile non agrégée et non fissurée	1
T : Topographie, pentes		**I : Nature de la zone non saturée**	
Valeurs en % de pente	**Notation**	Calcaire karstique	10
0 -2	10	Basalte	9
2 - 6	9	Sable et gravier	8
6 - 12	5	Sable et gravier avec silt et argile	6
12 - 18	3	Calcaire lité, grés, shale	6
> 18	1	Grés	6
		Calcaire	6
		Shale	3
		Silt/Argile	1
C : Perméabilité en m/s			
> 9,4.10-4	10		
4,7.10-4 - 9,4.10-4	8		
32,9.10-5 - 4,7.10-4	6		
14,7.10-5 - 32,9.10-5	4		
4,7.10-5 - 14,7.10-5	2		
4,7.10-7 - 4,7.10-5	1		

La méthode DRASTIC propose deux systèmes de pondération suivant les conditions d'occupation du sol : occupation « standard » ou avec une occupation par une activité agricole intensive utilisant par exemple des produits phytosanitaires. (BRGM, 2002). Le tableau 2 donne les deux systèmes de pondération avec les poids accordés à chaque paramètre.

Tableau 2. Facteurs de pondération des différents paramètres (Lallemand – Barrès, 1994)

Critères	Facteurs de Pondération	
	"Standard"	"Produits Phyto"
D : Profondeur	5	5
R : Recharge	4	4
A : Milieu aquifère	3	3
S : Milieu sol au-dessus de la zone non saturée	2	5
T : Topographie	1	3
I : nature de la zone non saturée	5	4
C : perméabilité de l'aquifère	3	2

L'appréciation de cet indice de vulnérabilité n'est possible que par l'analyse comparative entre différentes unités hydrogéologiques. C'est ainsi que nous subdivisons le littoral nord en trois (3) secteurs (sud, centre et nord). Pour chaque unité, nous déterminons son indice de vulnérabilité (ID). Pour mieux les comparer, nous présenterons les ID en pourcentage par la relation :

$$ID\ (\%) = (ID - 23)*100/203 \qquad [2]$$

Les valeurs de l'indice DRASTIC obtenues représentent la mesure de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère, elles varient de 23 à 226 dans le cas de la version standard. D'une part, les valeurs obtenues sont regroupées, selon la classification de ALLER (ALLER *et al.*1987), en cinq classes dont chacune correspond à un degré de vulnérabilité. D'autre part, ENGEL *(ENGEL et al.*1996) propose la classification des valeurs en quatre autres classes (Hamza et al., 2008). Le Tableau 3 donne la classification des indices et leur degré de vulnérabilité par la méthode DRASTIC selon ALLER et ENGEL.

Tableau 3. Classification des indices et leur degré de vulnérabilité par la méthode DRASTIC selon ALLER et ENGEL

Méthodes	Indices de vulnérabilité	Degré de vulnérabilité
DRASTIC (ALLER)	< 80	Très faible
	80 - 120	Faible
	121 - 160	Moyen
	161 - 200	Elevé
	> 200	Très élevé
DRASTIC (ENGEL)	< 101	Faible
	101 - 140	Moyen
	141 - 200	Elevé
	> 200	Très élevé

2.2.2 PRINCIPE DE LA MÉTHODE SINTACS

La méthode SINTACS est la version italienne de la méthode DRASTIC. Elle prend en considération les mêmes paramètres que la méthode DRASTIC. La spécificité de cette méthode est qu'elle propose cinq scénarios différents de vulnérabilité.

- « impact normal » : scénario relatif aux aquifères constitués par des sédiments non consolidés avec une profondeur de la nappe qui n'est pas très élevée, localisés dans des aires à sols épais. Les zones relatives à ce scénario correspondent aux régions stables, de point de vue occupation des sols, avec existence ou non de terres cultivées, une utilisation faible de pesticides, de fertilisants et d'irrigation, et des périmètres urbains très dispersés ;
- « impact sévère » : correspond aux mêmes types d'aquifères soumis à une occupation des sols intensive, avec des terres cultivées à forte utilisation de pesticides, de fertilisants et d'irrigation, des implantations industrielles et urbaines denses, et des dépôts liquides et solides de déchets ;
- « drainage important à partir d'un réseau superficiel», relatif aux aires où il y a une forte infiltration vers l'aquifère à partir d'un réseau superficiel d'eau ;

- «terrain très karstifié», concernant les aires caractérisées par une forte karstification ;
- «terrain fissuré», correspondant aux zones caractérisées par une forte fracturation.

Parmi ces 5 scénarios, seul le scénario 2 (impact sévère) correspond à notre zone d'étude, zone correspondant aux régions où l'occupation des sols est intensive, avec des terres cultivées à forte utilisation de pesticides, de fertilisants et d'irrigation, des implantations industrielles et urbaines denses, et des dépôts liquides et solides de déchets. Le tableau 4 donne les différents scénarios et les poids attribués aux paramètres de la méthode SINTACS et le tableau 5 donne les classes d'indices et leurs degrés de vulnérabilité.

Tableau 4. Les cinq scénarios et les poids attribués aux paramètres de la méthode SINTACS

Scénario / Paramètre	Impact Normal	Impact Sévère	Drainage Important	Karst	Terrains Fissurés
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	4	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	2	2	2	5	4

Tableau 5. Les classes d'indices SINTACS et leurs degrés de vulnérabilité

Méthode	Indices de vulnérabilité	Degré de vulnérabilité
SINTACS	< 106	Faible
	106 - 186	Moyen
	187 - 210	Elevé
	> 210	Très élevé

2.2.3 PRINCIPE DE LA MÉTHODE SI (SUSCEPTIBILITY INDEX)

La méthode SI (Susceptibility Index ou méthode d'Indice de Susceptibilité), qui estime la vulnérabilité verticale spécifique à la pollution agricole (essentiellement par les nitrates et également par les pesticides), a été développée au Portugal par RIBEIRO (RIBEIRO, 2000). Cette méthode prend en considération cinq paramètres. Les quatre premiers paramètres sont identiques aux quatre paramètres déjà utilisés dans la méthode DRASTIC à savoir (D : la profondeur de la nappe, R : la recharge efficace de l'aquifère, A : la lithologie de l'aquifère, et T : la pente topographique du terrain). Les cotes correspondantes aux différentes classes de ces paramètres, dans la méthode DRASTIC, ont été également conservées. Un cinquième nouveau paramètre a été introduit : le paramètre occupation des sols (OS). La classification utilisée pour ce paramètre est la classification CORINE Land Cover (EUROPEAN COMMUNITY, 1993) (Tableau 6).

Une valeur appelée facteur d'occupation des sols et notée LU, variant de 0 à 100, est attribuée à chaque classe d'occupation des sols. Il est à signaler que les valeurs des cotes attribuées aux classes des différents paramètres ont été multipliées par 10 pour faciliter la lecture des résultats obtenus. Ces valeurs varient par conséquent de 0 à 100, allant du moins vulnérable au plus vulnérable. Les poids attribués aux paramètres SI varient de 0 à 1 selon l'importance du paramètre dans la vulnérabilité (Tableau 7).

Tableau 6. Les principales classes d'occupation des sols et valeurs correspondantes

Occupation des sols selon la classification CORINE Land Cover	Valeur du facteur d'occupation des sols LU (Land use factor)
Décharge industrielle, décharge d'ordures, mines	100
Périmètres irrigués, rizières	90
Carrière, chantier naval	80
Zones artificielles couvertes, zones vertes	75
Cultures permanentes	70
Zones urbaines discontinues	70
Pâturages et zones agroforestières.	50
Milieux aquatiques (marais, salines, etc.	50
Forêts et zones semi naturelles	0

Tableau 7. Poids attribués aux paramètres SI

Paramètres	D	R	A	T	OS
Poids	0,186	0,212	0,259	0,121	0,222

La méthode SI présente quatre degrés de vulnérabilité selon les valeurs des indices obtenues (tableau 8).

Tableau 8. Les classes d'indices SI et leurs degrés de vulnérabilité

Degré de vulnérabilité	Indice de vulnérabilité
Faible	< 45
Moyen	45 - 64
Elevé	65 - 84
Très élevé	85 - 100

Il est à signaler que les paramètres, qui ne sont pas pris en compte dans la méthode SI par rapport à la méthode DRASTIC sont les suivants : la conductivité hydraulique de l'aquifère, l'impact de la zone vadose et le type de sol. Cette méthode considère que le paramètre conductivité hydraulique de l'aquifère est difficile à évaluer dans l'espace. De plus, ce dernier paramètre a été déjà pris en compte indirectement dans le paramètre A (lithologie de l'aquifère) par la considération des caractéristiques granulométriques de l'aquifère. RIBEIRO (RIBEIRO, 2000) minimise également le rôle de la zone vadose en se basant sur les travaux de FOSTER (FOSTER, 1987), et ceux de VRBA et ZOPOROZEC (VRBA et ZOPOROZEC, 1994) qui considèrent également que les processus d'atténuation relatifs au paramètre type de sol sont sans grand effet sur la vulnérabilité, bien que ce paramètre soit indirectement pris en considération à travers le paramètre occupation des sols.

3 RÉSULTATS

3.1 CARTE DE VULNÉRABILITÉS PAR LA MÉTHODE DRASTIC

Les cartes de vulnérabilité avec la méthode DRASTIC selon ENGEL et ALLER sont présentées successivement sur les figures 5 et 6.

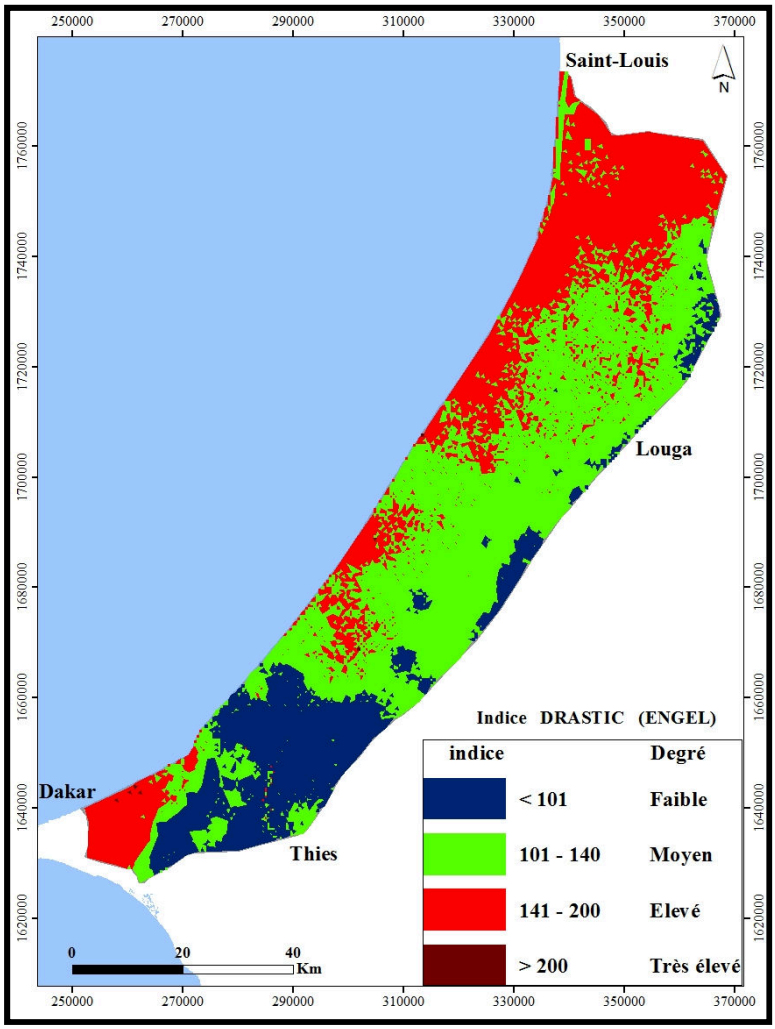


Fig. 5. Vulnérabilité générale de l'aquifère des sables du littoral nord selon Engel

Le DRASTIC selon ENGEL montre :

- Des zones de vulnérabilité élevées le long du littoral ;
- Des zones faiblement vulnérables notamment dans le secteur ouest et dans la partie sud de la zone ;
- Des zones moyennement vulnérables.

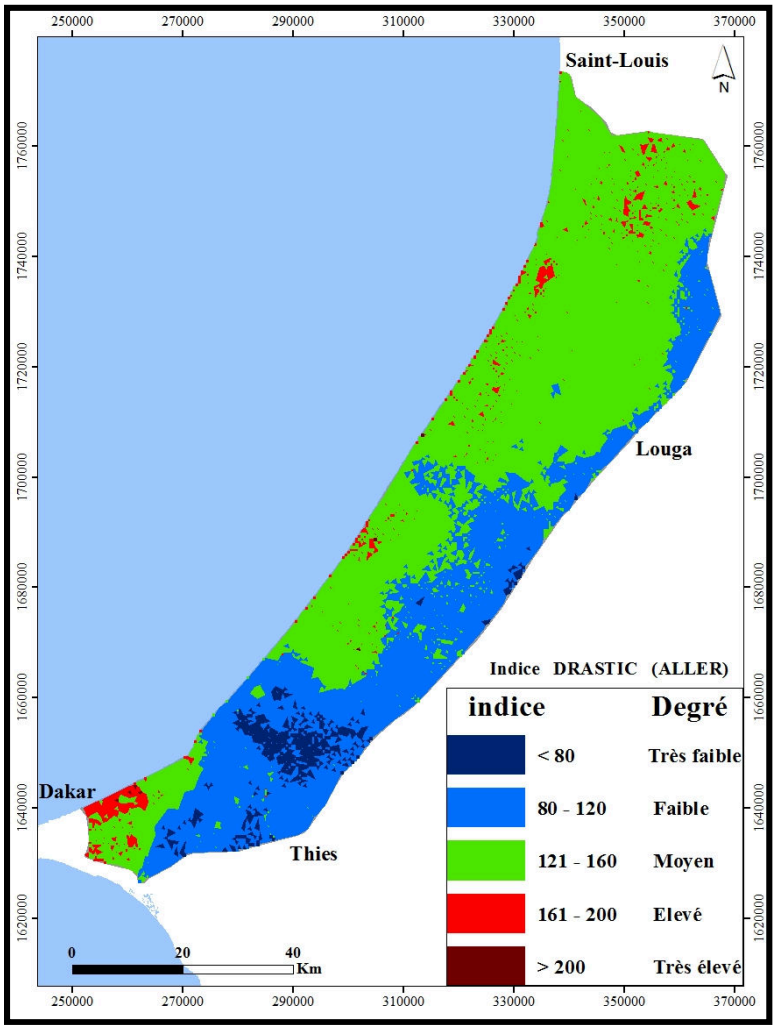


Fig. 6. Vulnérabilité générale de l'aquifère des sables du littoral nord selon Aller

Le DRASTIC selon ALLER révèle nettement quatre classes de vulnérabilité sur cinq :

- Pas de zone à vulnérabilité très élevée ;
- Très peu de zone à vulnérabilité élevée, seulement quelques-unes dans les secteurs ouest et nord ;
- Une vulnérabilité moyenne qui domine le long du littoral et dans le secteur nord ;
- Une vulnérabilité faible qui caractérise la partie sud de la zone.

3.2 CARTE DE VULNÉRABILITÉS PAR LA MÉTHODE SI

La figure 7 présente la vulnérabilité de l'aquifère avec la méthode SINTACS

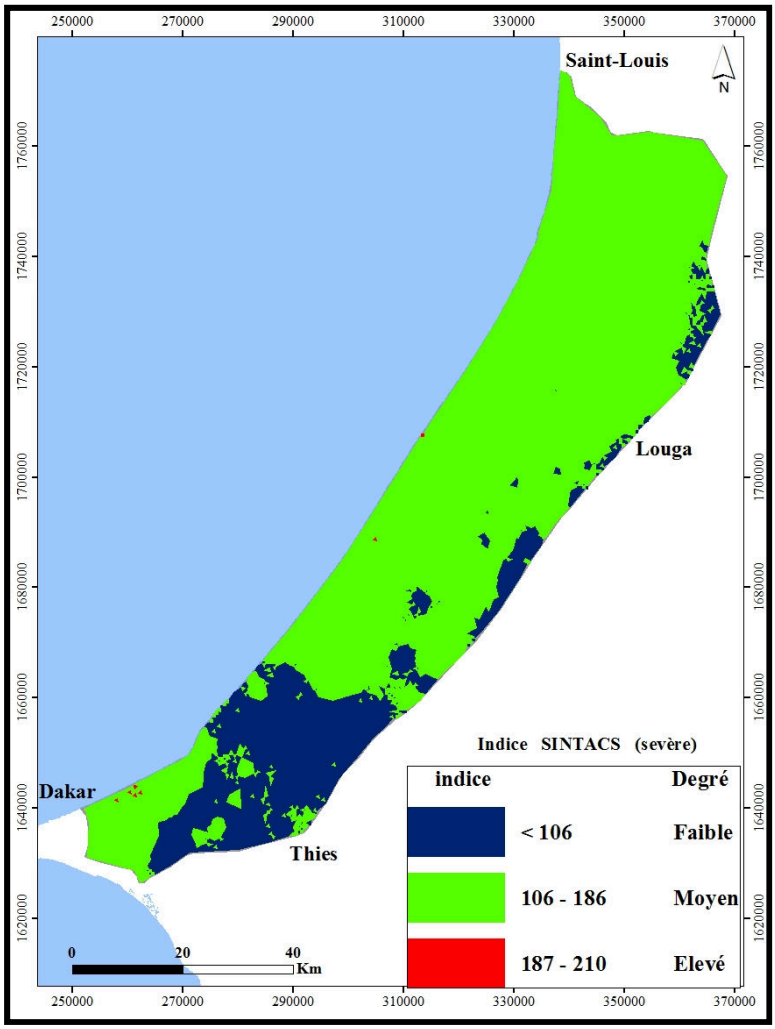


Fig. 7. Vulnérabilité générale de l'aquifère des sables du littoral nord selon la méthode SINTACS

Par la méthode SINTACS, l'on voit que la zone d'étude est moyennement vulnérable dans son ensemble. La partie sud est faiblement vulnérable comme l'illustre les méthodes précédentes.

3.3 CARTE DE VULNÉRABILITÉS PAR LA MÉTHODE SI

Cette méthode nécessite au préalable l'établissement d'une carte d'occupation des sols qui permet d'estimer la valeur du facteur d'occupation des sols « LU » (Land use factor). La figure 8 présente la carte d'occupation des sols.

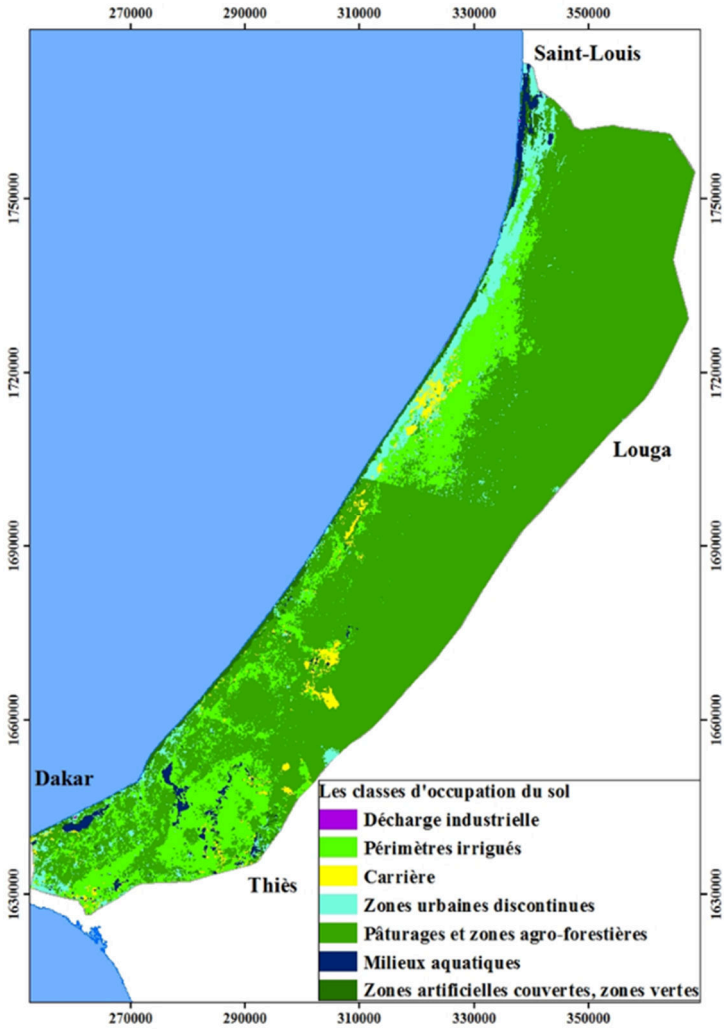


Fig. 8. Carte d'occupation des sols

Cette carte révèle sept (7) classes d'occupation des sols dont les superficies sont indiquées dans le tableau 9

Tableau 9. Différentes classes d'occupation de sol avec leurs superficies

Occupation sol	Superficie (Km^2)	Superficie (%)
Décharge industrielle	17	0,4
Périmètres irrigués	1539	32,9
Carrière	96	2,0
Zones urbaines discontinues	285	6,1
Pâturages et zones agro-forestières	2670	57,0
Milieux aquatiques	39	0,8
Zones artificielles couvertes, zones vertes	37	0,8
Superficie totale	**4683**	**100**

La plus dominante est celle occupée par le pâturage et les zones agro-forestières. Cependant les périmètres irrigués occupent une place non négligeable.

La figure 9 présente la carte de vulnérabilité avec la méthode SI.

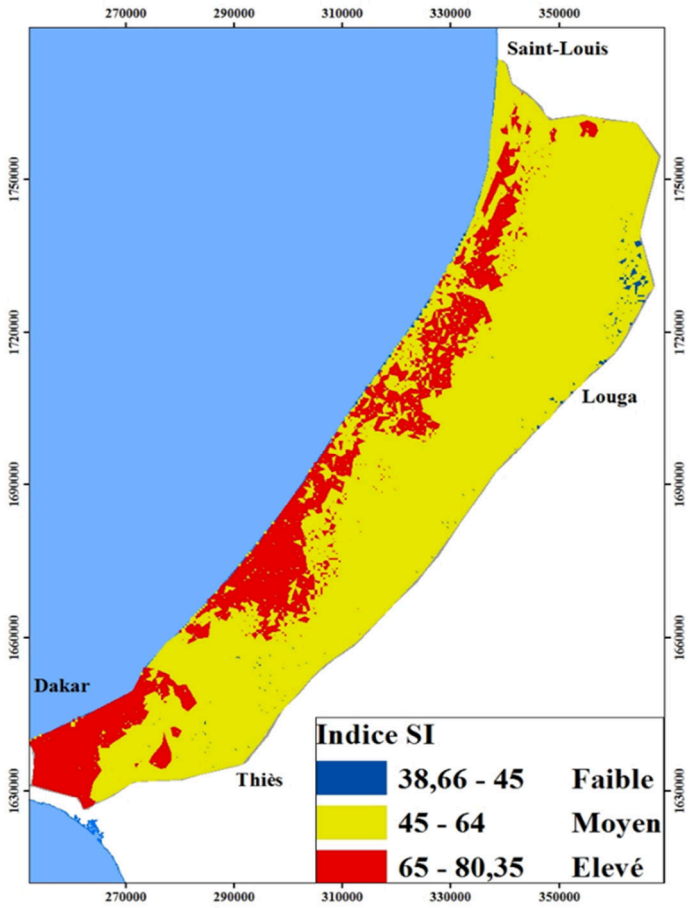


Fig. 9. Carte de la vulnérabilité par la méthode SI

Cette méthode met en exergue deux classes distinctes de vulnérabilité. Une vulnérabilité élevée tout le long du littoral occupant 21% de la superficie considérée et une vulnérabilité moyenne sur toute la partie sud occupant 77% de la superficie. Le tableau 10 ci-dessous représente une comparaison des superficies occupées par les degrés de vulnérabilité des différentes méthodes.

Tableau 10. Superficies occupées par les degrés de vulnérabilité des différentes méthodes

METHODES	Indices de vulnérabilité	Degré de vulnérabilité	Superficie (Km²)	Superficie (%)
DRASIC (ALLER)	< 80	Très faible	128,84	2,75
	80 - 120	Faible	1542,78	32,95
	121 - 160	Moyen	2826,78	60,37
	161 - 200	Elevé	183,56	3,92
	> 200	Très élevé	1,23	0,03
DRASIC (ENGEL)	< 101	Faible	798,01	17,04
	101 - 140	Moyen	2265,15	48,38
	141 - 200	Elevé	1617,91	34,55
	> 200	Très élevé	1,24	0,03
SINTACS	< 106	Faible	987,72	21,09
	106 - 186	Moyen	3693,65	78,89
	187 - 210	Elevé	1,18	0,03
	> 210	Très élevé	0,00	0,00
SI	< 45	Faible	36,21	0,77
	45 -64	Moyen	3651,89	77,96
	65 - 84	Elevé	995,90	21,27
		Total	4683	

Ces cartes présentent plusieurs classes de vulnérabilité. Tous les secteurs (sud, centre et nord) de la zone d'étude présentent par endroit des zones de vulnérabilité élevée. En tout état de cause On note que plus on s'éloigne de la cote, plus la vulnérabilité diminue et que dans l'ensemble, la zone des Niayes est moyennement vulnérable avec cependant des secteurs à vulnérabilité élevée lesquels doivent attirer l'attention des décideurs avec l'intensification des cultures et l'exploitation minière qui affecte la nappe et l'expose à différents polluants dont les nitrates. En effet la croissance incontrôlée, de ces dernières décennies, a abouti à une urbanisation massive de cette zone. Grâce à son climat frais et à la présence d'une nappe d'eau souterraine peu profondeur, cette région assez peuplée, fournit près de 95% de la production horticole et la plus grande partie de la production maraîchère du Sénégal.

Du fait de la nécessité de satisfaire les besoins du marché local et étranger, les paysans s'adonnent à une politique d'intensification de la production agricole. Cela nécessite l'utilisation de certaines substances comme l'engrais, les pesticides ou des eaux usées brutes très riches en nitrate pour l'arrosage des plantes (DIAW et al. 2016). La vulnérabilité de la nappe face à ce polluant (nitrate) mérite alors d'être étudiée. Nous avons ainsi procédé à une superposition des cartes de vulnérabilité avec la carte de concentration des nitrates et résultats sont présentés à travers les figures 10, 11, 12, 13 et 14 ci-dessous.

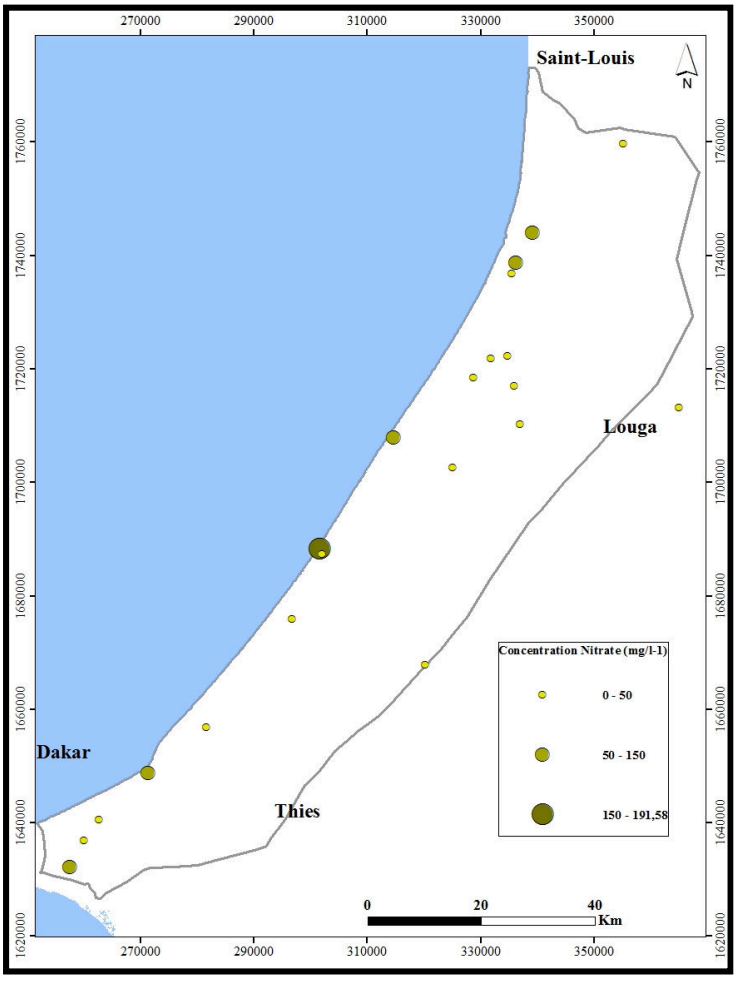


Fig. 10. Répartition des différents 21 points de prélèvement

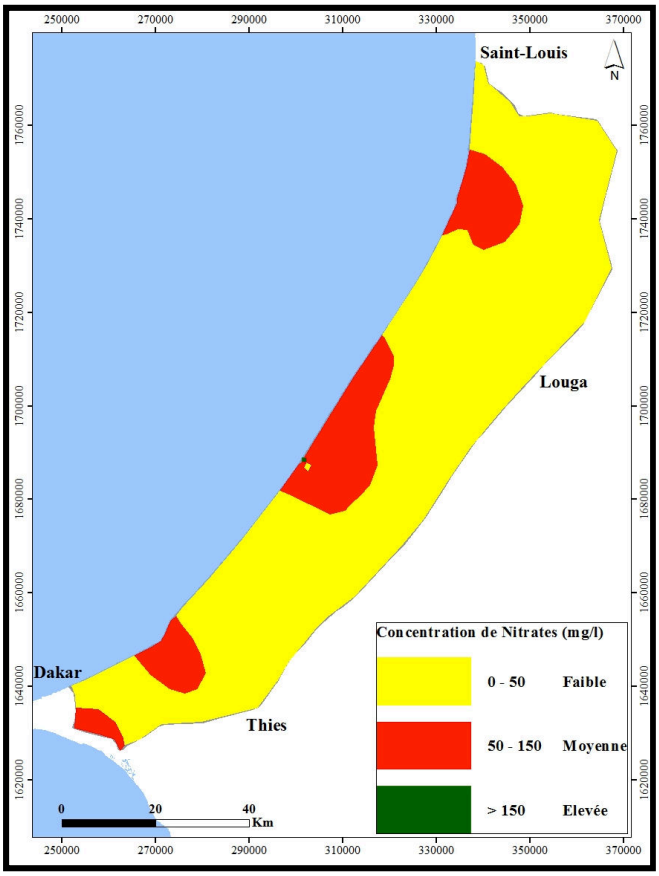


Fig. 11. Carte de la répartition des concentrations en nitrate en mg/l

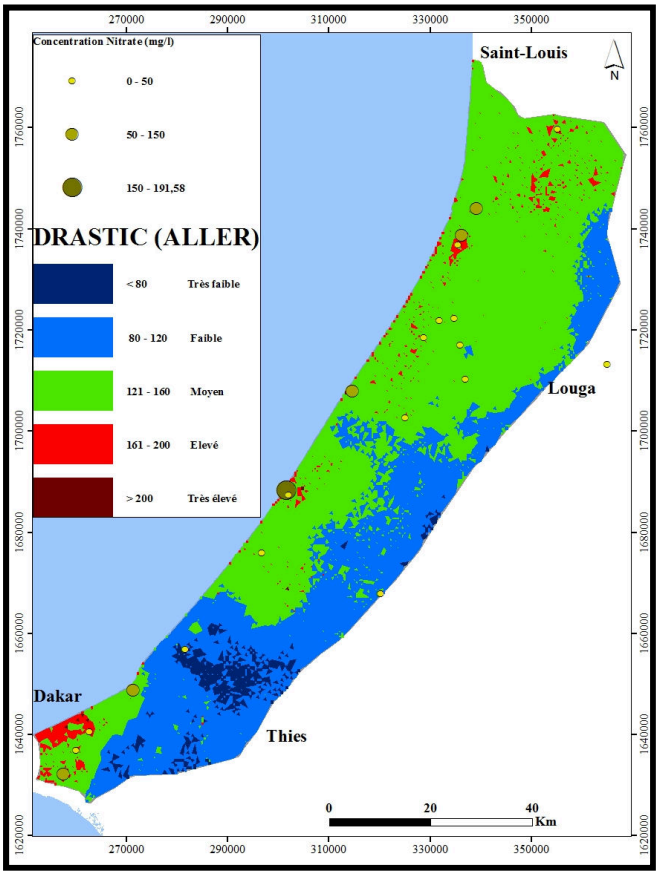


Fig. 12. Superposition des cartes (DRASTIC ALLERL/Nitrate)

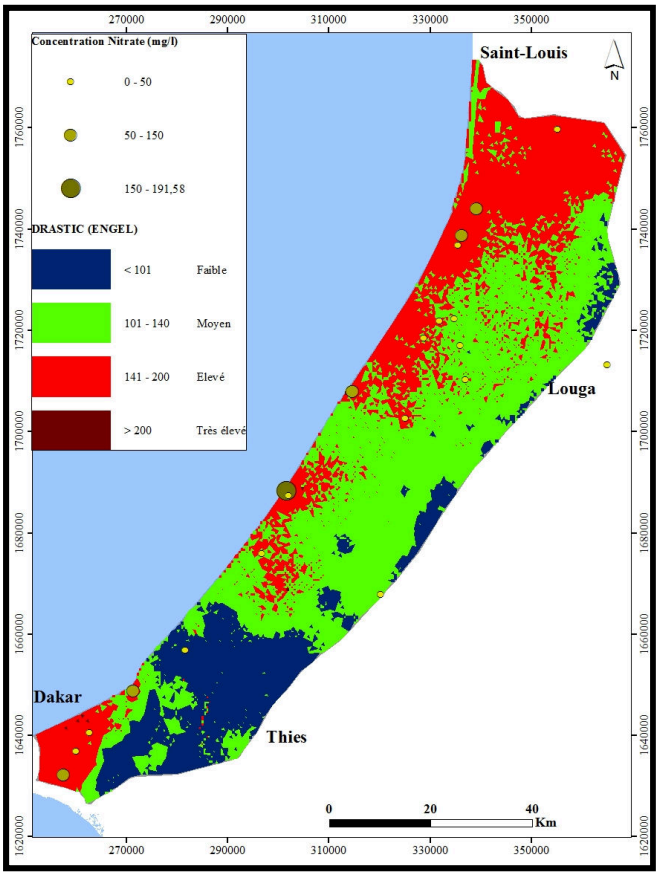


Fig. 13. Superposition des cartes (DRASTIC ENGEL/Nitrate)

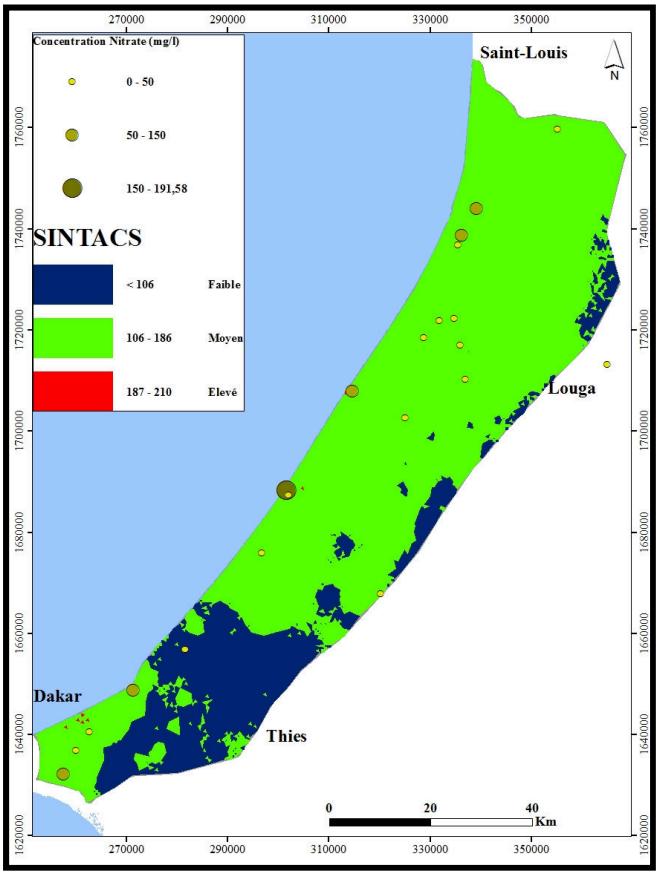


Fig. 14. Superposition des cartes (SINTACS/Nitrate)

Le tableau 11 ci-dessous la répartition des points par classe de concentration et par degrés de vulnérabilité

Tableau 11. Répartition des points par classe de concentration et par degrés de vulnérabilité

METHODES	Degré de vulnérabilité	Classification des concentrations de Nitrate (mg/l)		
		< 50 mg/l	50 à 150 mg/l	> 150 mg/l
		Nombre de points/classe de concentration		
DRASIC (ALLER)	Très faible	0	0	0
	Faible	1	0	0
	Moyen	9	3	0
	Elevé	4	2	1
	Très élevé	0	0	0
DRASTIC (ENGEL)	Faible	1	0	0
	Moyen	6	0	0
	Elevé	7	5	1
	Très élevé	0	0	0
SINTACS	Faible	1	0	0
	Moyen	13	5	1
	Elevé	0	0	0
SI	Faible	0	0	0
	Moyen	6	0	0
	Elevé	8	5	1
TOTAL		14	5	1

3.4 RESULTATS DE LA SUPERPOSITION

3.4.1 DRASTIC SELON ALLER

- On note **une** seule valeur supérieure à 150 mg/l. Elle coïncide à 100% avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- Il y a cinq valeurs comprises entre 50 et 150 mg/l. Parmi celles-ci, les **trois** (soit 60%) coïncident avec la zone à vulnérabilité moyenne et les deux autres (40%) coïncident avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- Il y a quatorze valeurs inférieures à 50 mg/l parmi lesquelles une (soit 7,1%) coïncide avec la zone à vulnérabilité faible, **neuf** (64,3%) avec la zone à vulnérabilité moyenne et quatre (28,6%) coïncident avec la zone à vulnérabilité élevée.

Donc, nous avons un taux de coïncidence de **65 %** entre les concentrations en nitrates disponibles et les différentes classes de vulnérabilité (soit 13 valeurs sur 20). Ce taux de coïncidence peut être détaillé comme suit, un taux de coïncidence de 100 % entre les concentrations élevées en nitrates (supérieures à 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée ; un taux de coïncidence de 60 % entre les concentrations moyennes (comprises entre 50 et 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité moyenne ; et un taux de coïncidence de 7,1 % entre les concentrations faibles (inférieures à 50 mg/l) et les zones à vulnérabilité faible.

3.4.2 DRASTIC SELON ENGEL

- On note **une** seule valeur supérieure à 150 mg/l. Elle coïncide à 100% avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- On note **cinq** valeurs de concentration de nitrate comprises entre 50 et 150 mg/l. Elles coïncident à 100% avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- Pour les quatorze valeurs inférieures à 50 mg/l, une (7,1%) coïncide avec la zone à vulnérabilité faible, six (42,9%) coïncident avec la zone à vulnérabilité moyenne et **sept** (50%) coïncident avec la zone à vulnérabilité élevée.

Donc, nous avons un taux de coïncidence de **65%** entre les concentrations en nitrates disponibles et les différentes classes de vulnérabilité (soit 13 valeurs sur 20). Ce taux de coïncidence peut être détaillé comme suit, un taux de coïncidence de 100 % entre les concentrations élevées en nitrates (supérieures à 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée ; un taux de coïncidence de 100 % entre les concentrations moyennes (comprises entre 50 et 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée ; et un taux de coïncidence de 50% entre les concentrations faibles (inférieures à 50 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée.

3.4.3 SINTACS

- L'**unique** valeur supérieure à 150 mg/l coïncide à 100% avec la zone à vulnérabilité moyenne ;
- Les **cinq** valeurs comprises entre 50 et 150 mg/l, coïncident à 100% avec la zone à vulnérabilité moyenne ;
- Parmi les quatorze valeurs inférieures à 50 mg/l, une (7,1%) coïncide avec la zone à vulnérabilité faible, **treize** (92,9%) avec la zone à vulnérabilité moyenne.

Donc, nous avons un taux de coïncidence de **95%** entre les concentrations en nitrates disponibles et les différentes classes de vulnérabilité (soit 19 valeurs sur 20). Ce taux de coïncidence peut être détaillé comme suit, un taux de coïncidence de 100 % entre les concentrations élevées en nitrates (supérieures à 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité moyenne ; un taux de coïncidence de 100% entre les concentrations moyennes (comprises entre 50 et 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité moyenne ; et un taux de coïncidence de 92,8% entre les concentrations faibles (inférieures à 50 mg/l) et les zones à vulnérabilité moyenne.

3.4.4 SI

- L'**unique** valeur supérieure à 150 mg/l coïncide à 100% avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- Les **cinq** valeurs comprises entre 50 et 150 mg/l, coïncident à 100% avec la zone à vulnérabilité élevée ;
- Parmi les quatorze valeurs inférieures à 50 mg/l, aucune ne coïncide avec la zone à vulnérabilité faible, six (42,9%) coïncident avec la zone à vulnérabilité moyenne et **huit** (57,1%) coïncident avec la zone à vulnérabilité élevée.

Donc, nous avons un taux de coïncidence de **70%** entre les concentrations en nitrates disponibles et les différentes classes de vulnérabilité (soit 14 valeurs sur 20). Ce taux de coïncidence peut être détaillé comme suit, un taux de coïncidence de 100% entre les concentrations élevées en nitrates (supérieures à 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée ; un taux de coïncidence de 100% entre les concentrations moyennes (comprises entre 50 et 150 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée ; et un taux de coïncidence de 57,1% entre les concentrations faibles (inférieures à 50 mg/l) et les zones à vulnérabilité élevée.

4 DISCUSSION

La méthode SINTACS donne le plus grand taux de coïncidence 95%, mais cette valeur exprime le taux coïncidence entre les concentrations en nitrate et les zones à vulnérabilité moyenne. Contrairement à la méthode SI qui donne un taux de coïncidence de 70% entre les concentrations en nitrate et les zones à vulnérabilité élevée. La méthode SINTACS est une méthode de vulnérabilité intrinsèque qui ne tient compte, ni de la nature des polluants, ni des facteurs régissant la vulnérabilité spécifique, telle que l'occupation des sols. C'est une vulnérabilité invariante dans le temps (schnebelen et al., 2002). Alors que la méthode SI traite d'une vulnérabilité spécifique liée aux sources de pollution et prend en compte les propriétés des polluants et les divers composants déjà considérés dans la vulnérabilité intrinsèque (AKE et al., 2009). C'est donc une vulnérabilité évolutive plus adaptée à la zone d'étude. En effet cette dernière subit sans cesse des pressions d'origines anthropiques dont les actions néfastes conjuguées à des conditions climatologiques péjoratives, l'exposent à des risques environnementaux et sociaux. Par conséquent la méthode SI évalue mieux la vulnérabilité à la pollution par les nitrates des eaux souterraines des Niayes.

Toutefois, les taux de coïncidence sont satisfaisants pour les trois méthodes utilisées avec au moins 65% ce qui prouvent leur efficacité à cartographier la vulnérabilité à la pollution des nappes.

5 CONCLUSION

La vulnérabilité à la pollution de la nappe libre de la zone des Niayes est évaluée dans cette étude avec les méthodes DRASTIC, SINTACS et SI. Les résultats montrent plusieurs classes de vulnérabilité qui se rencontrent aussi bien au nord, au centre qu'au sud de la zone d'étude. Dans tous les secteurs de littoral nord du Sénégal, on relève des classes de faible et de forte vulnérabilité. Cela témoigne d'un autre point de vue des caractéristiques variables de cette bande côtière qui subit une pression anthropique sans cesse croissante.

Une superposition des cartes de vulnérabilité générale avec une carte de concentration des nitrates a permis de montrer la méthode la plus adéquate avec ce type de polluant. La comparaison des différents résultats montre que la méthode SI est la plus adéquate quant à l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution par les nitrates, avec un taux de coïncidence de 70% entre les concentrations en nitrates disponibles et les différentes classes de vulnérabilité notamment élevée.

Les limites de cette étude sont à trouver au niveau du nombre limité de points de prélèvement de mesure de concentration de nitrate et au niveau de l'estimation de la recharge de la nappe, paramètre déterminant et très difficile à quantifier.

REFERENCES

[1] AKE, G. E., DONGO, K., KOUADIO, B. H., DIBI, B., SALEY, M. B., BIEMI, J., 2009. Contribution des Méthodes de Vulnérabilité Intrinsèque DRASTIC et GOD à L'Etude de la Pollution par les Nitrates dans la Région de Bonoua (Sud Est de la Côte d'Ivoire). European Journal of Scientific Research, ISSN 1450- 216X, Vol.31 No.1 (2009), pp. 157-171.

[2] ALLER L., BENNET T., LEHR J., PETTY R., HACKETT G., (1987). DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. EPA- 600/2-87-035, 455 p.

[3] BEZELGUES S. et E des Garets avec la collaboration de V Mardhel et N. Dörfliger (2002). Cartographie de la vulnérabilité des nappes de Grand-Terre et de Marie-Galante (Guadeloupe). Phase 1. Définition de la méthode de détermination de la vulnérabilité. Rapport BRGM – 51783-FR, 41 p., 7 fig. 7 tab.

[4] BROU D., LAZARE K. K., INNOCENT K. K., SERAPHIN K. K., MOUSSA S., BRICE K. A., DAGO G. (2013). Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des aquifères des formations altérites à partir des méthodes DRASTIC et SiNTACS : Cas de la ville de M'bahiakro, Centre de la Côte d'Ivoire. International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 2 No. 4 Apr. 2013, pp. 464-476

[5] DIAGNE M., 2000 Vulnérabilité des productions agricoles au changement climatique au Sénégal. Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés- Programme d'Assistance des Pays-Bas sur les Changements Climatiques N.C.C.S.A.P. Ministère de la Jeunesse, de l'Environnement et de l'Hygiène Publique, Sénégal. 36p.

[6] DIAW El hadji Bamba, Mamadou Lamine Lo, Mamadou Wade, Seydou Ndao, Ablaye Diallo, and Grégoire SISSOKO : Modélisation numérique du transport de solutés : prévision des risques de contamination de la nappe des Niayes (Sénégal) par les pesticides ; ISSN 2028-9324 Vol. 17 No. 4 Sep. 2016, pp. 1358-1372

[7] Direction de l'horticulture (2013). Recensement de l'horticulture et mise en place d'un système permanent de statistiques horticoles dans la zone des Niayes. Groupe Syscom. 38p

[8] ENGEL B.A., K.C.S. NAVULUR, B.S. COOPER, L. HAHN (1996). Estimating groundwater vulnerability to non-point source pollution from nitrates and pesticides on a regional scale. *Int. Assoc. Hydrol. Sci.,* 235. 521-526.

[9] EUROPEAN COMMUNITY (1993). *Corine land cover*. Guide technique. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Série environnement, sécurité nucléaire et protection civile, 144 p.

[10] FOSTER S.S.D. (1987). Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Dans : *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*, 38, W. VAN DUIJVENBOODEN, H.G. VAN WAEGENINGH (Éditeurs) TNO Committee on Hydrological Research, La Hague, Pays-Bas, pp. 69–86.

[11] Hamza, M.H., Added, A., Francés, A., Rodrìguez, R., 2007, Validity of the vulnerability methods DRASTIC, SINTACS and SI applied to the study of nitrate pollution in the phreatic aquifer of Metline-Ras Jebel-Raf Raf (northeastern Tunisia). *Comptes Rendus Geoscience*, 339, 493–505. http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2007.05.003

[12] HAMZA M.H., A. ADDED, A. BEN MAMMOU, S. ABDELJAOUED, R. RODRÍGUEZ (2004). Évaluation de la vulnérabilité à la pollution potentielle par les pesticides, de la nappe côtière alluvionnaire de la plaine de Metline-Ras Jebel-Raf Raf, Nord-Est tunisien, selon la méthode DRASTIC appliquée par les systèmes d'information géographique. *Houille Blanc.* 2004,

[13] LALLEMAND A., BARRES A., (1994). Normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions. BRGM-R37928, 17 p,

[14] MALOU Raymond : Impact du climat sur les ressources en eau souterraines en zone soudano-sahélienne (2004). Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles de Géologie Appliquée. UCAD, 143p

[15] NDAO Mariétou: Dynamique et gestion environnementale de 1970 à 2010 des zones humides du Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès et Saint Louis). Géography. Université Toulouse le Mirail – Toulouse II, 2012, 302 p

[16] RIBEIRO L. (2000). Desenvolvimento de um índice para avaliar a susceptibilidade dos aquíferos à contaminação, Nota interna, (não publicada), ERSHA-CVRM, 8 p.

[17] RIBEIRO, L., Serra, E., Paralta, E., Nascimento, J., 2003, Nitrate pollution in hardrock formations: Vulnerability and risk evaluation by geomathematical methods in SerpaBrinches aquifer (South Portugal). In: Krasny, J., Hrkal, Z., and Bruthans, J. (eds.) *Proceedings of IAH International Conference on Groundwater in Fractured Rocks*, pp. 377–378. Prague, Czech Republic, IHP-VI, Series on Groundwater no. 7, UNESCO, Paris.

[18] SCHNEBELEN N., L., PLATEL JP., Le NINDRE Y., et BAUDRY, avec la collaboration de HOARAU A., DUFOUR P., BENHAMMOUDA S. (2002). Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 5. Opération sectorielle. Protection de la nappe de l'oligocène en région bordelaise. Rapport BRGM / RP-51178-FR

[19] VRBA J., A. ZOPOROZEC (1994). Guidebook on mapping groundwater vulnerability, in international contributions to hydrogeology, 16, I. A. HYDROGEOLOGISTS, 131 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 985-991
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Essaie de caractérisation des souches des endomycorhizes symbiotes des bananiers et bananiers plantains (*Musa* sp.) de la région de Kisangani (RDC)

[Test for characterization of symbionts endomycorrhizas strains of banana and plantain (Musa sp.) in the Kisangani region (DRC)]

Crispin B. Lebisabo[1], Joseph G. Adheka[2], Didy O. Onautshu[2], G. Hassert[3], and Benoît D. Dhed'a[2]

[1]Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

[2]Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

[3]Faculty of Bioscience engineering, Ghent University, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The production of bananas and plantains is practiced on a large scale now as a result of the strong demand on the market, a consequence of the strong demographic pressure in the big cities.
A great deal of research is being conducted in the use of symbiotic systems associating plant species with mycorrhizal fungi. Mycorrhizae give host plants the ability to grow in soils that are low in minerals.
As mycorrhizae are little known in our environment and few studies have been done on their biodiversity, their counting and their macroscopic and microscopic characterizations, this study seeks to identify and characterize these mycorrhizal strains in symbiosis with banana and plantain from the Kisangani University simi- simi experimental site. The staining technique of the roots made it possible to detect the mycorrhizas under banana and plantain.
The results of this study revealed that the overall degree of mycorrhization ranged from 20 to 80% and classified the spores to 4 families and 5 identified genera.

KEYWORDS: Banana tree, mycorrhizal fungus, spores.

RÉSUMÉ: La production des bananes et bananes plantains est pratiquée en grande échelle actuellement suite à la forte demande sur le marché, conséquence de la forte pression démographique dans les grandes villes.
Nombreuses recherches sont actuellement menées dans le cadre de l'utilisation de systèmes symbiotiques associant des espèces végétales aux champignons mycorhiziens. Les mycorhizes confèrent aux plantes hôtes l'aptitude à se développer dans des sols pauvres en éléments minéraux.
Comme les mycorhizes sont peu connus dans nos milieux et peu d'études ont été faites sur leurs biodiversités, leurs dénombrements et leurs caractérisations macroscopiques et microscopiques, cette étude cherche à identifier et à caractériser ces souches mycorhiziennes en symbiose avec les bananiers et les bananiers plantains du site expérimental de Simi-simi de l'Université de Kisangani. La technique de coloration des racines a permis de détecter les mycorhizes sous bananiers et bananiers plantains.
Les résultats de cette étude ont révélé que le degré global de mycorhization a varié de 20 à 80% et la caractérisation phénotypique a classé les spores en 4 familles et 5 genres.

MOTS-CLEFS: Bananier, champignon mycorhizien, spores.

Corresponding Author: Crispin B. Lebisabo

1 INTRODUCTION

La production des bananes et bananes plantains est une activité agricole de longue date.

De ce fait, elle est aujourd'hui pratiquée à grande échelle suite à la forte demande sur le marché, conséquence de la forte pression démographique dans les villes et les prix qui ne font qu'augmenter.

Depuis quelques décennies, les systèmes agricoles en Afrique en général et en République Démocratique du Congo en particulier sont soumis à d'énormes perturbations climatiques [3].

Sur le plan climatique, il s'en suit une diminution significative des précipitations et un prolongement des saisons sèches. Ainsi, les agriculteurs sont confrontés à une sécheresse persistante qui se caractérise soit par une diminution de la durée de la saison pluvieuse, soit par l'intervention de périodes sèches plus ou moins longues au cours d'une saison pluvieuse [8].

Les conséquences sur le plan agricole sont la baisse des rendements des cultures et de la fertilité des sols. Cette baisse de la fertilité s'explique, en partie, par une faible restitution au sol de la matière organique d'origine animale ou végétale et par les effets néfastes du déficit pluviométrique sur la microflore et la microfaune de la rhizosphère.

Pour remédier à cette situation, des recherches sont menées dans le cadre de l'utilisation de systèmes symbiotiques associant des espèces végétales aux champignons mycorhiziens. Les champignons mycorhiziens appartenant à la classe des Zygomycètes et à l'ordre des Glomales sont des micro-organismes du sol présents chez la plupart de taxa végétaux et dans 67 % des familles végétales [8]. Leur importance réside dans le fait qu'ils confèrent aux plantes hôtes l'aptitude à se développer dans des sols pauvres en éléments minéraux.

Les champignons mycorhiziens à vésicule et arbuscules sont des micro-organismes qui forment à l'état naturel une association symbiotique avec les racines de nombreux végétaux [12]. Cette symbiose se traduit par l'apparition d'organes mixtes mycélium-racine appelés mycorhizes [8] dont le rôle majeur est de prélever et de transporter vers la plante des éléments nutritifs très peu mobiles dans le sol, principalement le phosphore [11] pour gagner un peu de carbone de la plante. De nombreuses études ont démontré que les associations mycorhiziennes pouvaient jouer un rôle significatif dans :

- La décomposition et la minéralisation des matières organiques végétales et la mobilisation des nutriments au bénéfice de la plante hôte [7] qui se traduisent par des gains de biomasse souvent importants [5] ainsi que le transfert plante-plante de l'azote de la fixation symbiotique [9] ;
- L'amélioration de la nutrition hydrique des plantes via les hyphes mycorhiziens [1]
- La pression sélective exercée sur les microorganismes saprophytes du sol tant au niveau de leur diversité génétique que de leur diversité fonctionnelle afin de constituer un complexe trophique associant le symbiote, la microflore mycorhizosphérique et la plante [2] ;
- La protection de la plante en agissant directement sur les facteurs d'agression (pathogènes et herbivores surtout) ou en stimulant les défenses végétales [15].

Ces symbioses protectrices déterminent le succès écologique des plantes ; elles modifient les communautés végétales et les réseaux trophiques [14]. Il a été démontré récemment que les exsudats des racines des bananiers mycorhizés conféraient une résistance à la plante face aux attaques de *Radopholus similis* [18]. Mentionnons en outre que les champignons produisent des vésicules de stockage dans les racines et des spores asexuées sont différenciées dans le sol et parfois dans les racines ; elles servent d'organes de propagation et de survie [2].

Il est intéressant de noter à ce propos que la présence des spores de mycorhizes dans un sol donné est un indicateur de la fertilité potentielle ainsi que de la santé de ce sol. Voyons à présent un autre indicateur de notre outil, « la productivité », qui est déterminante au regard de l'analyse de la durabilité des systèmes de culture à base de plantains.

Les mycorhizes demeurent encore peu connus dans nos milieux et peu d'études ont été faites sur leur biodiversité, leurs dénombrements, leurs caractérisations macroscopiques et microscopiques, la performance de leurs souches pour les cultures envisagées et sur leurs productions en masse. Nous essayerons de générer des meilleures connaissances sur la détection et le dénombrement des souches mycorhiziennes associées aux bananiers et bananiers plantains du site expérimental de Simi- simi de l'Université de Kisangani.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le prélèvement du sol s'effectue à une profondeur de 25 cm et à des points entre à 10 cm de la tige des bananiers et bananiers plantains visés.

Pour l'étude des mycorhizes, les fines racines des bananiers et bananiers plantains sont collectées pour la coloration au bleu trypan.

Les échantillons de sol et des racines prélevées sont transportés dans des sachets stériles et étiquetés et acheminés au laboratoire dans le but de travailler sur sol frais ou de les conserver dans le réfrigérateur (4°C). Le séchage des échantillons tue une partie de la microflore et rend impossible la détermination de la biomasse microbienne. Un stress hydrique peut aussi perturber les mesures biologiques [4].

La détection des mycorhizes est effectuée selon la technique de coloration des racines décrite par [16]. Les racines sont lavées avec de l'eau. Les plus fines sont découpées en des fragments d'environ 1 cm et chauffées dans le bain mari pendant 30 minutes avec une solution de potasse (KOH) de 10%.

Après un rinçage à l'eau distillée, les racines devenues claires sont acidifiées avec du HCl à 1% pendant 10 minutes. Ils sont de nouveau rincés à l'eau distillée, puis colorés avec la solution de bleu trypan et enfin rincées de nouveau avec de l'eau distillée. Le bleu trypan colore les structures des mycorhizes qui ont colonisé les racines et les racines non mycorhzées ne sont pas colorées.

Les fragments des racines sont placés entre lames et lamelles, en présence de glycérol pour les observations microscopes.

Pour chaque échantillon, 10 fragments sont montés entre lames et lamelles pour les observations à l'objectif 40X.

2.1 OBSERVATION DES SPORES

La technique consiste à prélever le sol à une profondeur de 15 à 20 cm au pied de la plante.

Au laboratoire, le principe consiste à peser 100g de sol dans un bécher, ajouter de l'eau de robinet et agiter vigoureusement puis laisser reposer pendant 20 secondes, filtrer dans un tamis de 1 mm et rejeter les déchets. Agiter le mélange de nouveau, laisser reposer pendant 20 minutes et filtrer par un tamis de 45µm. Récupérer les débris avec le jet d'eau dans un bécher de 100 ml et le repartir dans un tube. Centrifuger les tubes pendant 2 minutes à 2000 tr/mn (4°C). Le surnageant est rejeté et les tubes sont remplis de la solution de sucre et centrifuger de nouveau pendant 20 secondes à 2000 tr/minute. Le surnageant est filtré par un tamis de 45 µm et à l'aide d'un jet d'eau, récupérer le débris dans une boite de Pétri pour observation au microscope [21]. Les spores plus petites sont perdues, mais elles sont souvent très peu nombreuses [19].

2.2 DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SPORES

Pour cette étude, la description morphologique nous a permis de classer les mycorhizes suivant les caractéristiques ci-après :

- L'arrangement des spores : isolées ou en sporocarpes dans le sol ;
- La forme de la spore : ovoïde, allongée ou sans une forme précise ;
- La taille de la spore : grosse ou petite ;
- La couleur de la spore : rougeâtre, jaunâtre, noirâtre ou pourpre ;
- La paroi sporale : les spores peuvent avoir aussi une ou plusieurs couches sporales qui varient par leur épaisseur, leur structure et leur apparence.
- Le contenu de la spore : les spores contiennent des lipides et autres composés
- La germination de la spore : ce mécanisme peut être utilisé pour distinguer les spores.
- La détermination des familles et genres des spores s'est effectuée à l'aide d'une clé d'identisation qui les classe suivant la germination des spores [6].

3 RESULTAT ET DISCUSSION

INFECTION DES RACINES PAR LES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS

Tous les champignons mycorhiziens ont pu coloniser de jeunes racines des bananiers et bananiers plantains. La pénétration du partenaire fongique dans la racine de la plante hôte commence toujours par la formation d'un appressorium (lieu de rencontre entre la racine et le champignon). Elle se poursuit par la pénétration des hyphes à l'intérieur de la racine et peut présenter parfois des connexions en H qui pénètrent d'une cellule à l'autre mais empruntent aussi les méats intercellulaires. Ces hyphes forment de fois dans les cellules corticales les plus internes des arbuscules endocellulaires ramifiées dichotomiquement ou des spores intra-racinaires (Figure 1.1). Le mycélium du champignon colonise également la rhizosphère de la plante hôte pour donner naissance à des spores extra-racinaires (Figure 1.2). Des vésicules (Figure 1.3.) intra et extracellulaires en position intercalaire sur l'hyphe sont observées dans les assises superficielles de cortex des racines infectées.

- **L'intensité globale de mycorhization observé varie de 20 à 80 %**

Le degré de la colonisation des racines des bananiers et bananiers plantains par les champignons mycorhiziens est présenté par la figure ci-dessous.

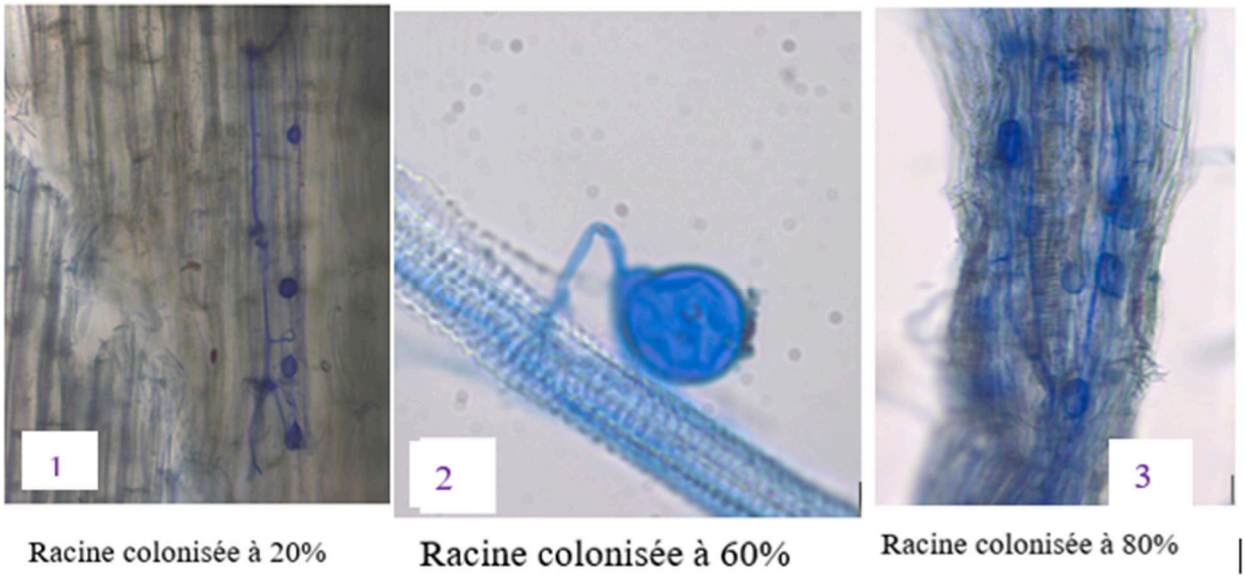


Fig. 1. Racines colorées et présente la mycorhization allant de 20% à 80%

Notons que pendant notre recherche, parmi les échantillons récoltés, certaines racines n'étaient pas mycorhizées. [10] a trouvé l'intensité globale de mycorhization calculée de 28.8 % avec 29% de ses échantillons non mycorhizés. Par contre, les autres échantillons plus mycorhizés ont été ceux des échelles de 5 (17%), 1 (16%), 3 (15%), 2 (12.5%) et 4 (10.5%) ce qui est inférieur au résultat de cette étude.

LES FAMILLES ET GENRES DES SPORES MYCORHIZIENNES IDENTIFIÉS

Cette étude a permis de distinguer 4 familles et 5 genres. Les familles répertoriées sont : Glomeraceae, Acaulosporaceae, Scutellosporaceae et Gigasporaceae. En ce qui concerne les genres, nous avons *Glomus, Acaulospora, Scutellospora* a, *Scutellospora* b et *Gigaspora*.

Ces familles et genres sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

1. Famille des Glomeraceae (Genre *Glomus*)

C'est le type de spores le plus abondant qui a une grande diversification et une large répartition dans beaucoup d'habitats dans la nature. Leurs couleurs varient du jaune au rouge foncé.

Elles ont l'hyphe d'attachement qui est soit droit, courbé ou bifurqué, caractéristique spécifique.

Les spores sont souvent réunies autour d'un plexus hyphal stérile pour former des grappes ou sporocarpes non compactes. La germination des spores se fait par l'émergence d'un nouvel hyphe au travers de la lumière de l'hyphe suspenseur.

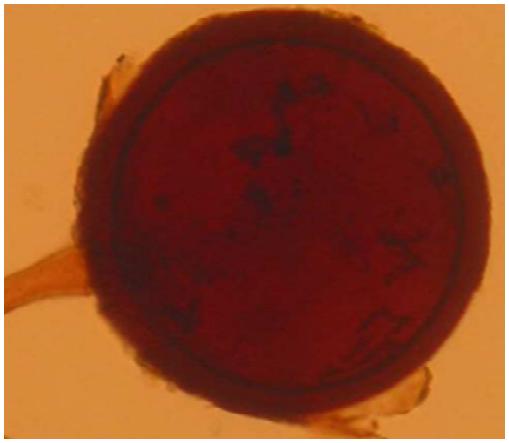


Fig. 2. Spores du genre Glomus

2. Famille Acaulosporaceae (Genre *Acaulospora*)

Elles sont sessiles dès leur formation d'où le nom d'Acaulospora (Acaulo : sans queue, et spora : spore).

Très rare, ce genre de spores est formé individuellement dans le sol et présente une grande taille avec une forme globuleuse ou sub-globuleuse.

Les spores présentent une grande consistance interne faisant apparaître une paroi épaisse.

Elles ne présentent pas d'hyphe d'attachement. Les spores sont sphériques à ovoïdes, hyalines à jaune. Elles ont un aspect luisant du fait de la présence de corps globulaires hyalins et sont reliées latéralement à des saccules sporifères en position terminale (Figure 3).

La paroi sporale comporte deux couches : une couche interne hyaline et mince et une couche laminée jaune pâle.

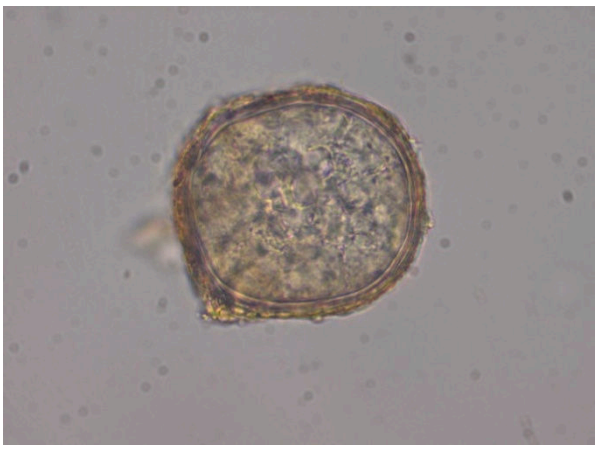


Fig. 3. Spore du genre Acaulospora

3. Famille Scutellosporaceae (Genre *Scutellospora*)

Ce genre, distingué de celui de *Gigaspora* par [19], a été observé sous le bananier. Les spores sont solitaires, blanc crème à jaune pâle. Elles possèdent deux parois: une paroi sporale externe avec deux couches jointives et une paroi interne hyaline avec deux couches membranaires. La couche pariétale externe est ornementée de verrues. La couche laminée de la paroi externe est brunâtre. Sur les spores provenant d'une extraction directe, les couches flexibles de la paroi sporale sont fortement accolées et donc difficiles à distinguer. Le bouclier de germination ovoïde et hyalin montre des marges dentelées et des circonvolutions renflées aux extrémités. L'hyphe suspenseur bulbeux est large. Les spores sont formées individuellement (pas de sporocarpes) avec une forme globuleuse, de couleur jaune pâle à jaune marron et une grande taille, avec un contenu très riche en réserves lipidiques sous forme de gouttelettes.

L'hyphe d'attachement est élargi à la sortie de la spore et effilé par la suite.

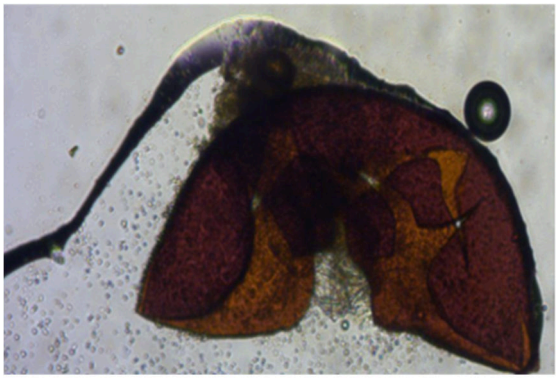


Fig. 4. Spore du genre Scutellospora

4. Famille Gigasoporaceae (Genre *Gigaspora*)

Les spores sont solitaires, sphériques à ovoïdes, jaunes à orange clair. Une seule spore se forme en position terminale sur le bulbe suspenseur. La paroi unique de la spore comporte trois couches : une couche interne lisse, une couche intermédiaire laminée et une couche plissée totalisant. La couche externe est jaunâtre à brunâtre. Il est caractérisé par des spores ont de parois internes non flexibles. Les tubes de germination proviennent d'une couche verruqueuse en contact avec le cytoplasme de la spore. Ce genre a été rencontré à Simi-simi et peu représenté.

Une des spores de ce genre illustrée par la figure 5 ci-dessous.

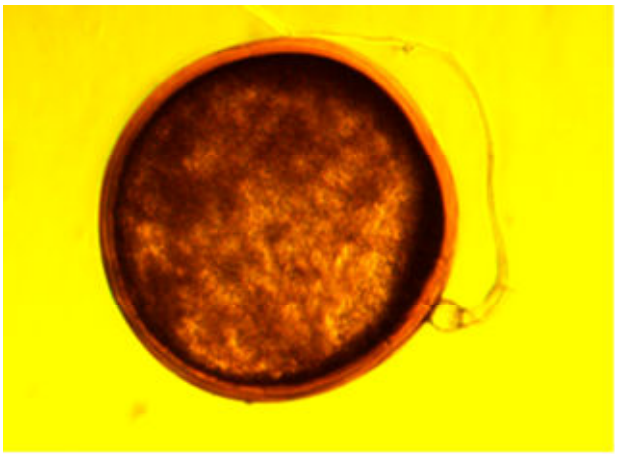


Fig. 5. Spore du genre Gigaspore

4 CONCLUSION

L'exploration de la biodiversité mycorhizienne de la région de Kisangani par les caractères morphologiques de leurs spores a abouti à l'identification de quatre genres des souches natives de la région. Les échantillons de spores collectées sont morphologiquement comparables aux genres décrits dans la littérature. Certaines différences morphologiques sont cependant observées dans les mêmes genres quant aux formes, aux grandeurs et aux couleurs.

La reconnaissance et l'interprétation des structures subcellulaires des spores ne sont pas toujours aisées à cause du caractère polyphylétique de ce genre.

La description des spores provenant d'échantillons de sol recueillis aux pieds des bananiers plantains était rendu possible à travers l'extraction par tamisage humide par sucrose.

Il est impérieux de connaitre les caractéristiques des spores de nos milieux et établir une diagnose appropriée et fiable, puis procéder à une étude comparative entre les spores collectées au champ et les spores obtenues après piégeage sur les plantes hôtes.

La description morphologique comparée à la description d'origine des espèces répertoriées ne nous a pas permis de classer certaines spores. D'où une étude approfondie sur le plan moléculaire s'avère nécessaire.

Partant des résultats obtenus il apparait intéressant d'identifier les champignons mycorhiziens afin de les impliquer dans divers domaines à savoir l'agriculture grâce à la bio-fertilisation des sols pauvres en éléments nutritifs. Ces associations mycorhiziennes interviennent dans la protection des cultures contre les pathogènes tels que les Nématodes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Dr. Ir. Geert HAESART, professeur à l'université de Gent en Belgique pour avoir disponibilisé son laboratoire pour notre formation. Nous remercions aussi le Professeur Rony SWENNEN, de l'Université Lovanium de Belgique pour ses conseils combien louables pour notre formation. Nous exprimons notre reconnaissance à la coopération Flamande, VLIRU-OS pour leurs soutiens financiers.

REFERENCES

[1] Augé, R.M., 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11, 3-42.
[2] Duponnois, R., BÂ, A.M., Prim, Y., Baudouin, E., Galiana, A., Dreyfus, B., 2010. Les champignons mycorhiziens : une composante majeure dans les processus biologiques régissant la stabilité et la productivité des écosystèmes forestiers tropicaux : le projet majeur africain de la Grande Muraille verte, 421-440.
[3] FAO, 2008. Rapport de la 33ème session annuelle du comité de la sécurité alimentaire mondiale, 13-15 juin, Rome, 125 p.
[4] Fardoux, J, Fernades P, Niane-Badiane A, Chotte JL, 2000. Effet du Séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne. Comparaison de deux méthodes biocidales de référence. Étude et gestion des sols 7 (4), numéro spécial : 385- 394.
[5] Fogain, R., 2001. Nematodes and weevil of bananas and plantains in Cameroon: occurrence, importance and host susceptibility. International Journal of Pest Management 47(3): 201-205.
[6] Gerdemann, J.W.; Trappe, J.M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific North West. Mycologia Memoirs. 5:1-76
[7] Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W.,2003. Le sol vivant,Ed. Lausanne ISB, 568p.
[8] Issa M. S., 2012. Changements climatiques et agrosystèmes au Bénin central : Impacts et stratégies d'adaptation. Thèse de doctorat unique de Géographie, université d'Abomey-Calavi, Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), 273 p.
[9] Jalonen, R., Nygren, P., Sierra, J. 2009. Transfer of nitrogen from a tropical legume tree to an associated fodder grass via root exudation and common mycelial networks. Plant, Cell and Environment 32:1366-1376.
[10] Kasaka L. (2017) : Importance et diversité des mycorhizes sous culture de bananier plantain dans les systèmes de culture avec brulis et sans brulis en région forestière de Kisangani (Province de la Tshopo, R.D. Congo), Mémoire de *Master (D.E.S, D.E.A)*, F.S, Unikis78 p.
[11] Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L., 2008. Plant physiological ecology. 2nd ed. Springer, Berlin.
[12] Mosse, B., 1956. Fructifications of an Endogone species causing endotrophic mycorrhiza in fruit plants. Ann Bot 20:349–362.
[13] Morton J.B., 1993. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic, biology and the study of endomycorrhizal phenomena. Mycorrhiza, 2: pp. 97-109.
[14] Selosse, M.A, Baudoin, E, Vandenkoornhuyse, P, 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants C. R. Biologies 327 (2004) 639–648.
[15] Selosse, M.-A., Gilbert, A,.2011. Des champignons qui dopent les plantes. La Recherche 457: 72-75.
[16] Phillips, J.M. and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161.
[17] Schenck, N.C. and Perez, Y. 1987. Manual for Identification of VAM Fungi. Synergistic Pub., Gainesville.
[18] Vos, C., Van Den Broucke, D., Mbongo Lombi, F., De Waele, D., Elsen, A., 2012. Mycorrhiza-induced resistance in banana acts on nematode host location and penetration. Soil Biology and Biochemistry 47, 60-66.
[19] Walker, C.; Sanders, F.E. 1986. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: III. The separation of Scutellospora gen. nov. from Gigaspora Gerd. & Trappe. Mycotaxon. 27:169-182
[20] Walker C., Vestberg M. and Schüßler A. 2007a. Nomenclatural clarifications in Glomeromycota. Mycol. Res. 111: 253-255.
[21] Zézé A., Ouattare B., Brou C.Y., Van tuinen D., Diallo Ottah H., & Sangare A., 2007. Distribution et Abondance de spores de Champignons endomycorhizogenes à Arbuscules dans différents types des forêts de la tanne à Côte d'Ivoire ; Centre National de la Recherche Agronomique, 9p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 992-1003
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Taxonomic diversity and structure of Macroinvertebrates in two small marginal lagoons of the South-eastern of Côte d'Ivoire

Babopie Raymonde Dion[1], Kouadio Justin Konan[2], Laurince Michel Yapo[3], and Kouassi Philippe Kouassi[1]

[1]Laboratoire Ecologie Tropicale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Centre de Recherches Océanologiques, BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Université Péléforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study was conducted to assess the spatial and seasonal variations of macroinvertebrates into two small marginal lagoons in the South-eastern of Côte d'Ivoire. Macroinvertebrates were obtained monthly using a hand net, a van veen grab and an artificial trap from September 2015 to August 2016. Physical and chemical parameters were quantified using standard methods of analysis. Analysis of the physical and chemical parameters in both lagoons showed significant seasonal variation, except for pH, nitrite and ammonium. We identified 145 and 105 macroinvertebrate species composed of aquatic Insects, Achaeta, Gastropoda, Crustacea and Arachnida respectively in Ono and Hébé lagoons. Megaloptera, Amphipoda and Basommatophora were only found in Ono lagoon whereas Lepidoptera was only present in Hébé lagoon. The highest values were found in dry season (127 taxa) and rainy season (126 taxa) in Ono lagoon whereas in Hébé lagoon, the highest values were found in dry season (93 taxa). The Shannon diversity index and evenness values of 3.72-4.25 and 0.84-0.91 respectively in both lagoons indicate that the macroinvertebrate stands are relatively diversified and balanced. However, the increase of anthropogenic disturbances on these lagoons constituted a real threat of the macroinvertebrates at long term.

KEYWORDS: Diversity indices, macroinvertebrates, rarefied richness, seasons, lagoon, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Aquatic habitats are of fundamental importance as they support essential resources, provide essential ecosystem services and contribute significantly to global biodiversity. The development of human society since the late 19th century led to high levels of pollution in aquatic ecosystems due to agricultural, urban and industrial discharges [1], [2] which in turn affected the quality of surface waters. According to [3], these discharges affect the lives of aquatic biota. Faced to these pollution issues, there is a need to protect aquatic ecosystems and consequently monitoring the effects of anthropogenic pressure on aquatic ecosystems [4]. Benthic macroinvertebrates are recognized to be a useful bio-indicator in understanding the ecological health of an aquatic ecosystem, rather than using chemical and microbiological data, which at least give short-term fluctuations [5], [6]. They are considered important because they reflect the cumulative effects of the present and past conditions. In addition, they have low mobility (i.e. are sedentary or sessile or nearly) and life cycles of several weeks and or years. So, their abundance, community structure and ecological function have long been used to characterize water quality in freshwater ecosystems.

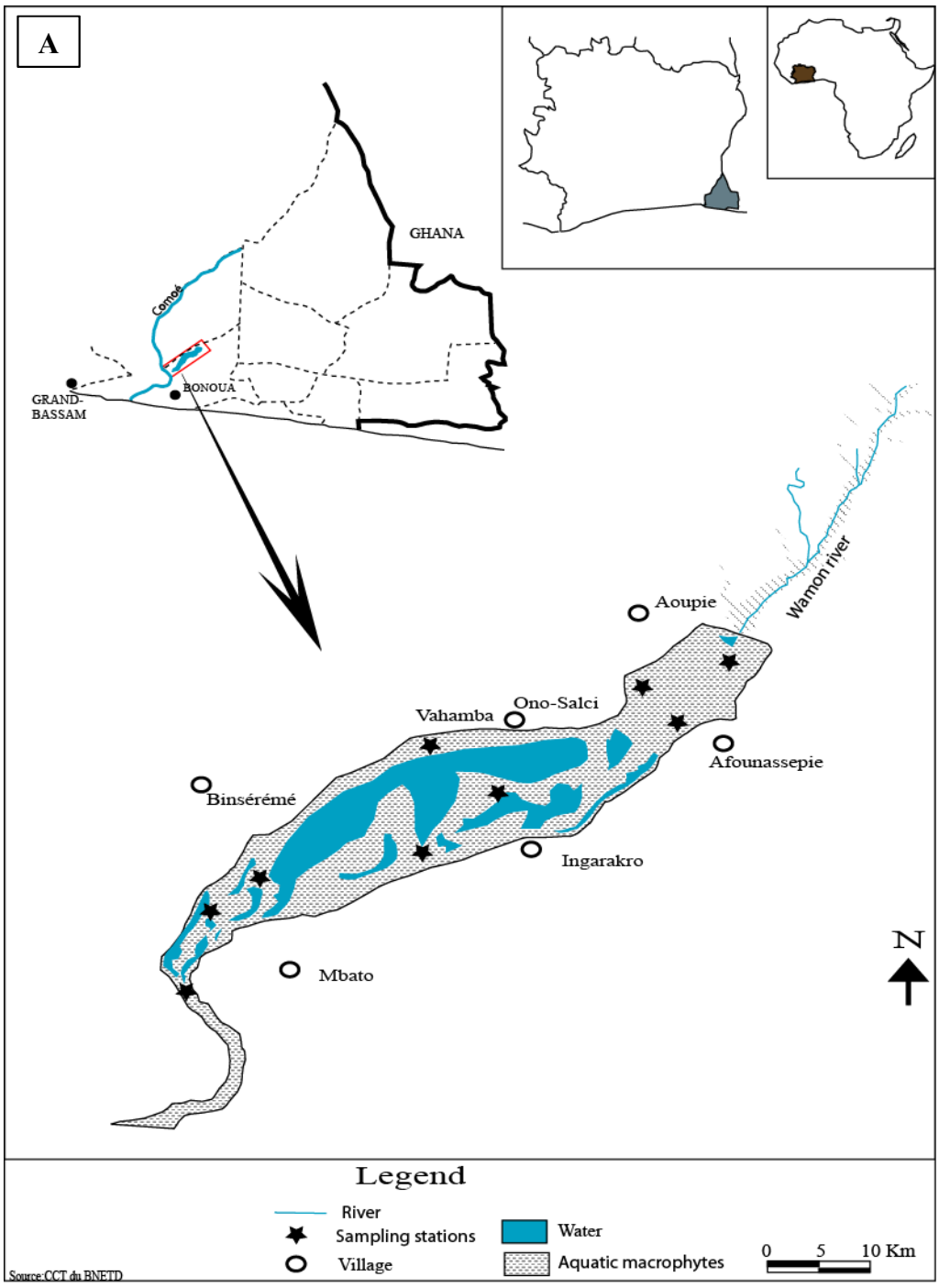
For better management of aquatic ecosystems, biological monitoring of their ecological status is necessary because biological indicators have great power of integration of information. It has the advantage of measuring the ability of the ecosystem to maintain its functional equilibrium [7], [8]. In West Africa, there are few studies on macroinvertebrate communities and their ecology [9], [10]. In Côte d'Ivoire, previous works on macroinvertebrate ecology were mainly carried out by [11] and [12] in freshwater bodies. No study on macroinvertebrate community was done in small marginal lagoons. The aim of this study is to describe the composition and the diversity of benthic macroinvertebrates in Ono and Hébé lagoons.

Corresponding Author: Kouadio Justin Konan

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

Ono lagoon (5°22'22"N and 3°33'53"W) and Hébé lagoon (5°12'14" N and 3°33'15" W) are two small lagoons of the Southeast of Côte d'Ivoire (Figure 1). Their surfaces are respectively 400 ha and 244 ha. Because Ono lagoon is invaded by several floating macrophytes, the exploitable surface is 162 ha. In Hébé lagoon, only the banks are occupied by mangrove and rare floating macrophytes. These lagoons, permanently connected to the Comoé river have an equatorial climate, including two rainy seasons (April-July and October-November) and two dry seasons (December-March and August-September). The permanent linkage with the Comoé river produces typical freshwater characteristics of these lagoons. Agriculture, trade, fishing and domestic wastes are the main anthropogenic activities affecting the functioning of these lagoons.



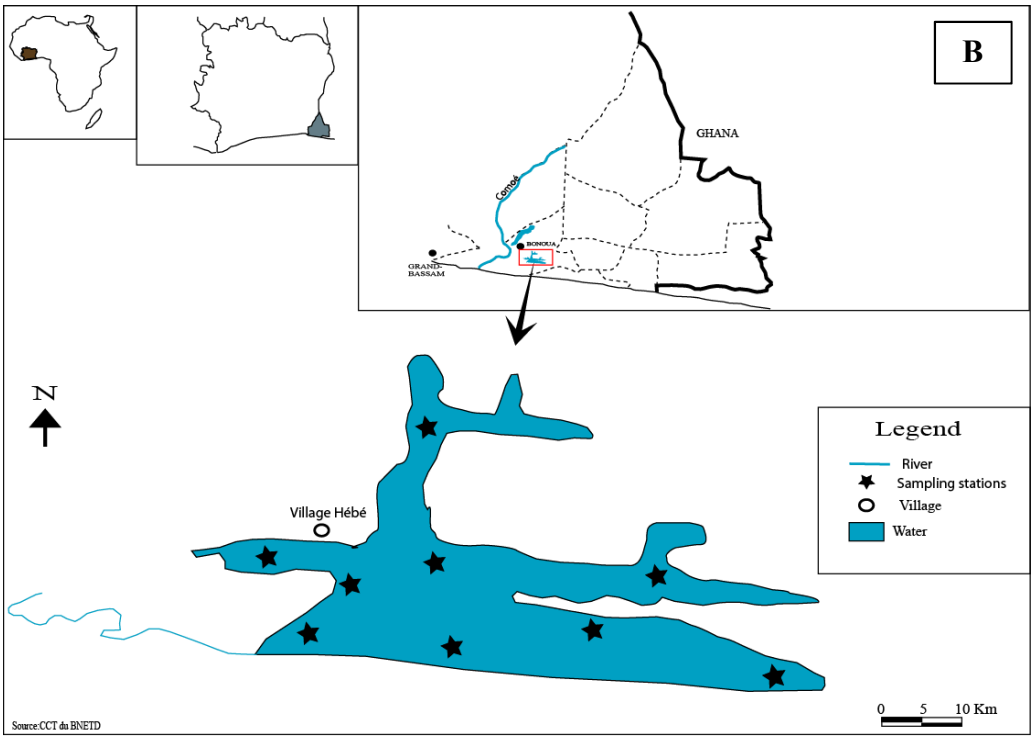


Fig. 1. Map of the Ono (A) and Hébé (B) lagoons showing the macroinvertebrates sampling sites

2.2 ENVIRONMENTAL PARAMETERS SAMPLING AND ANALYSIS METHODS

The parameters such as transparency, depth, pH, total dissolved solids, conductivity and dissolved oxygen were recorded in situ. Water samples were taken, stored in polyethylene bottles (500 mL) and kept at a temperature below 4°C for further determination of ammonium-nitrogen ($NH4^+$; mg/L), nitrate ($NO3^-$; mg/L), nitrite ($NO2^-$; mg/L) and phosphate ($PO43^-$ mg/L). The samples were filtered through Whatman GF/C fibreglass filters and concentrations were determined using a spectrophotometer Model HACH DR 6000.

2.3 BENTHIC MACROINVERTEBRATES SAMPLING

The macroinvertebrates were monthly sampled from September 2015 to August 2016 in the upstream, the middle and the downstream of each lagoon. The macroinvertebrates were collected using a van veen grab of 0.10 m² internal area, a triangular hand net (32 x 32 x 32 cm, 250 µm mesh, 50 cm length) and an artificial trap (basket) of 0.12 m². Samples obtained were carefully washed through a set of sieves of mesh size 0.2 mm in the water of lagoons and the retained materiel was bottled and preserved in a 10% formaldehyde solution in a plastic container for further analysis. At laboratory, preserved samples were washed to remove formaldehyde solution and then screened through a 500 µm mesh size to collect all macroinvertebrates on white plates. They were then fixed in a 70% alcohol solution for identification. Large macroinvertebrates were sorted by the naked eye while smaller fauna was sorted under a binocular loupe. All animals were then sorted out into different taxonomic groups, counted and identified up to lowest possible taxon under binocular loupe according to the keys of [13], [14] and [15].

2.4 DATA ANALYSIS

The macroinvertebrate assemblage composition was evaluated for each lagoon using number of taxa (S), total number of individuals, and relative abundance of each taxon. The Shannon-Wiener index (H'), Evenness index (E) and frequency of occurrence (%F) were used to characterize the diversity of species in a community following these equations:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \log_2 P_i$$

where P_i = number of individuals of the taxon/total number of individuals of the sample and log2 = the 2-base logarithm.

$$E = \frac{H'}{\log_2 (S)}$$

where H' = Shannon-Wiener diversity index and S = total number of taxa.

$$\%F = \frac{F_i}{F_t} \times 100$$

Where F_i = frequency of individuals of taxon i and F_t = total frequency of individuals of the sample.

2.5 STATISTICAL ANALYSIS

The Shapiro-Wilk normality test for homoscedasticity were applied to the data, to determine whether the assumptions of the parametric and nonparametric analyses for the environmental variables (T°C, pH, DO, TDS, Transparency, $NH4^+$, $NO3^-$ and $NO2^-$), abundance, species richness, diversity and evenness were satisfied. All physicochemical parameters were tested by one-way analyses of variance, followed by Tukey multiple comparison tests for significant differences among lagoons and seasons. All diversity indices and rarefied richness were tested by the Kruskal-Wallis test and the Mann-Whitney U test for significant differences among lagoons and seasons. All Analyses were conducted using the software package STATISTICA version 7.1.

3 RESULTS

3.1 ENVIRONMENTAL VARIABLES

Table 1 discloses the summary of the mean values of the various physical and chemical parameters monitored at the different selected sampled stations during seasons. The mean for abiotic parameters showed significant seasonal variation ($p < 0.05$), except for pH, nitrite and ammonium. In Ono lagoon, the mean values of conductivity, TDS and depth where higher in flood season whilst transparency and nitrites where lower in flood season. In Hebe lagoon, the conductivity, TDS and depth where higher in flood season while transparency, nitrite were lower. When comparing the values between the two lagoons, the temperature, dissolved oxygen, conductivity and TDS were significantly highest ($p < 0.05$) in Hébé lagoon in all seasons. High values of transparency and nitrate were recorded in Ono lagoon while low values were observed in Hébé lagoon. Water of these lagoons was slightly acidic during dry and flood seasons and neutral in rainy season.

Table 1. The mean for environmental variables in the seasons on Ono and Hebe lagoons. Rs =Rainy Season, Ds =Dry Season, Fs =Flood season. Means with different letters (a, b, c) show a significant difference into each lagoon; means with different numbers (1, 2, 3) show a significant difference between lagoons p <0.05

	Ono lagoon			Hébé lagoon		
Parameters	**Ds**	**Rs**	**Fs**	**Ds**	**Rs**	**Fs**
Temperature (°C)	27.16^{a1}±1.58	26.98^{a1}±1.65	27.60^{a1}±1.49	29.74^{a2}±1.48	29.78^{a2}±1.36	30.82^{a2}±1.85
dissolved Oxygen (mg/L)	1.86^{a1}±1.38	2.44^{a1}±1.40	3.25^{a1}±3.22	6.18^{2}±1.22	5.90^{2}±1.13	6.88^{2}±1.37
pH	5.92^{a1}±0.76	7.02^{b1}±0.46	6.11^{a1}±0.44	6.38^{a1}±0.85	7.25^{b1}±0.91	6.34^{a1}±0.51
Conductivity (µS/cm)	18.83^{a1}±6.81	15.19^{a1}±4.58	21.60^{b1}±2.25	39.60^{b2}±15.25	25.97^{a2}±24.79	44.44^{b2}±31.79
Dissolved solids (TDS) (mg/L)	9.50^{b1}±3.64	7.49^{a1}±2.34	10.83^{b1}±1.07	19.63^{b2}±7.02	12.60^{a2}±12.22	23.10^{b2}±15.63
Transparency (m)	1.95^{b2}±0.40	1.33^{a2}±0.41	0.89^{a2} ±0.05	0.84^{b1}±0.12	0.60^{a1}±0.11	0.51^{a1}±0.18
depth (m)	2.30^{a2}±0.18	2.53^{b2}±0.08	2.75^{b1}±0.21	1.72^{a1}±0.49	2.05^{b1}±0.54	2.33^{b1}±0.80
Nitrites (mg/L)	0.30^{b1}±0.56	0.17^{a1}±0.29	0.02^{a1}±0.03	0.20^{b1}±0.56	0.10^{a1}±0.18	0.01^{a1}±0.00
Nitrate (mg/L)	2.94^{a2}±1.09	3.71^{a2}±1.44	2.29^{a2}±0.89	1.95^{a1}±1.11	1.90^{a1}±1.25	0.95^{a1}±0.43
Ammonium (mg/l)	0.07^{a1}±0.08	0.08^{a1}±0.04	0.10^{a1}±0.06	0.06^{a1}±0.06	0.07^{a1}±0.05	0.06^{a1}±0.05
Phosphorus (mg/L)	0.44^{a2}±0.32	0.49^{a2}±0.20	0.53^{a2}±0.83	0.28^{a1}±0.25	0.16^{a1}±0.20	0.27^{a1}±0.18

3.2 FAUNAL COMPOSITION AND SEASONAL PATTERN

A total of 17,228 macroinvertebrates of which 12,175 and 5,053 individuals were respectively collected in Ono and Hébé lagoons (Table 2). In Ono lagoon, 145 macroinvertebrate species divided into 47 families and 17 orders were collected whereas 105 taxa belonging to 35 families and 15 orders were obtained in Hébé lagoon. The Figure 2 showed the abundance of macroinvertebrates in Ono and Hébé lagoons. In Ono lagoon, the highest values were found in dry season (127 taxa) and rainy

season (126 taxa) whereas the lowest values was recorded in flood season (86 taxa). In Hébé lagoon, the highest values were found in dry season (93 taxa), followed by rainy season (77 taxa) and flood season (59 taxa). Samples of the two lagoons were dominated by insects namely Heteroptera, Diptera, Coleoptera and Odonata in all season with Heteroptera and Coleoptera being respectively the most abundant and diverse groups. Megaloptera, Amphipoda and Basommatophora were only found in Ono lagoon while Lepidoptera was only present in Hébé lagoon.

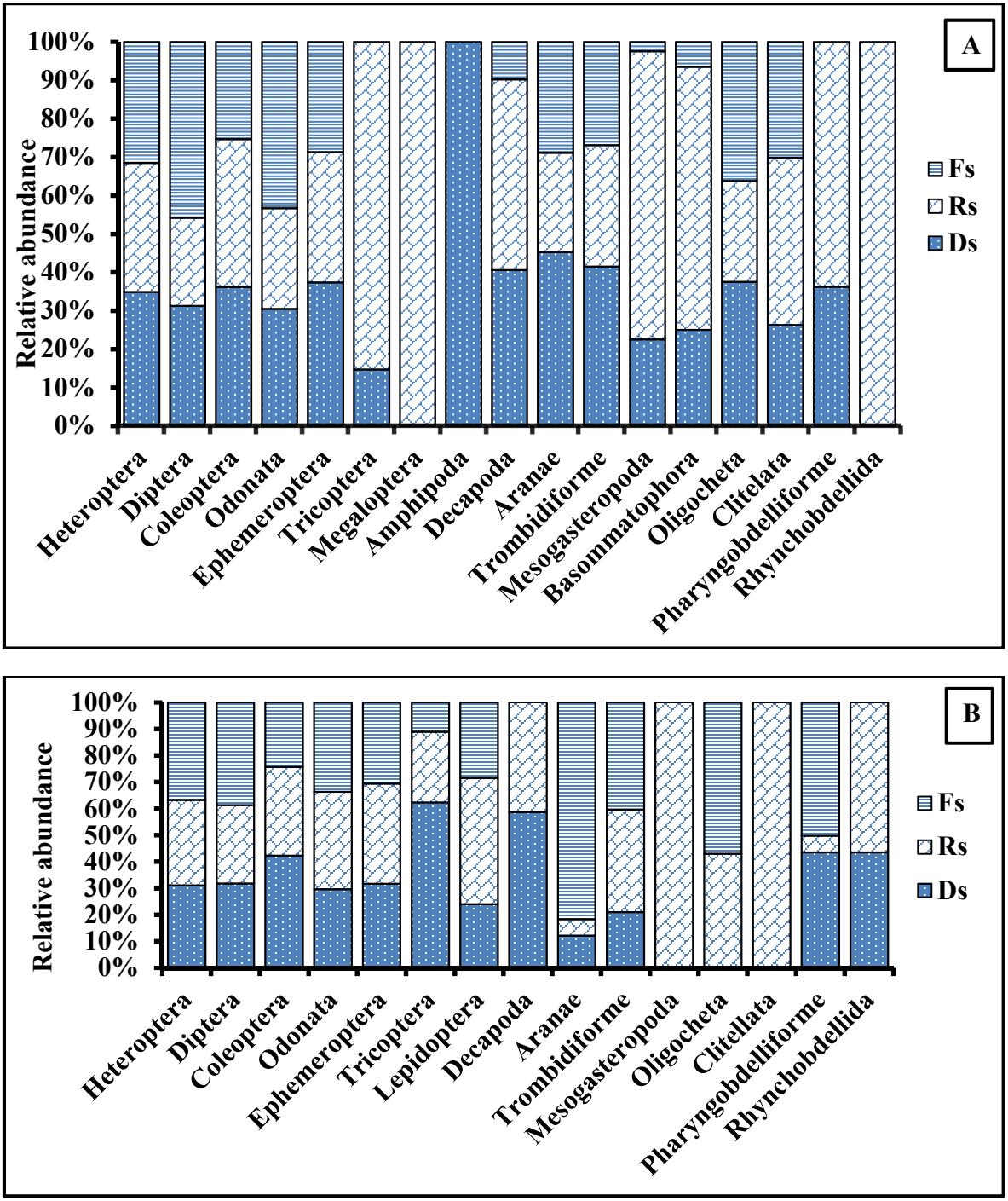


Fig. 2. Seasonal relative abundance of orders in Ono (A) and Hebe (B) lagoons

Table 2. List of macroinvertebrates found at two sampling lagoons (Ono and Hebe). +++: Very frequent. ++: Frequent. and +: Sporadic

Families	Taxa	Ono lagoon			Hébé lagoon		
		Abund.	Occurr.	Cl. of occurrence	Abund.	Occurr.	Cl. of occurrence
Heteroptera							
Belostomatidae	*Diplonychus annulatus*	+++	100	Constant	+++	75	Constant
	Diplonychus stappersi	+++	100	Constant	+++	83.33	Constant
	Diplonychus rusticus	+++	91.67	Constant	+	16.67	Accidental
	Diplonychus sp.	+++	100	Constant	+++	50	Constant
Naucoridae	*Naucoris cimicoides*	+++	100	Constant	+++	100	Constant
Hydrometridae	*Hydrometra stagnorum*	+++	83.33	Constant	+	16.67	Accidental
Notonectidae	*Anisops sardea*	+++	91.67	Constant	+++	91.67	Constant
	Notonecta glauca	+++	83.33	Constant	+	8.33	Accidental
Gerridae	*Eurymetra* sp.	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Rhagadotarsus hutchinsoni	++	33.33	Accessory	+++	50	Constant
	Limnogonus chopardi	+++	91.67	Constant	+++	83.33	Constant
Corixidae	*Micronecta scutellaris*	+++	100	Constant	+	8.33	Accidental
	Micronecta scholtizi	+++	91.67	Constant	+	8.33	Accidental
	Stenocorixa protrusa	+	16.67	Accidental			
Veliidae	*Corixini* sp.	++	33.33	Accessory			
	Velia affinix	++	33.33	Accessory			
	Rhagodovelia sp.	++	33.33	Accessory	+	8.33	Accidental
Mesovellidae	*Mesovelia vittigera*	+++	58.33	Constant	+++	75	Constant
	Mesovelia pigmaea	+	8.33	Accidental			
Nepidae	*Ranatra linearis*	+++	75	Constant	++	25	Accessory
	Ranatra parvipes	+++	83.33	Constant	+++	58.33	Constant
	Laccotrepes ater	+++	58.33	Constant	+	16.67	Accidental
Diptera							
Chironomidae	*Chironomus imicola*	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Chironomus sp.	+	8.33	Accidental			
	Stenochironomus sp.	++	41.67	Accessory	+++	58.33	Constant
	Stictochironomus sp.	++	41.67	Accessory	+++	66.67	Constant
	Cryptochironomus sp.	+++	66.67	Constant	+++	83.33	Constant
	Polypedilum sp.	+++	66.67	Constant			
	Nilodarum sp.	+++	83.33	Constant	++	41.67	Accessory
	Ablabesmyia dusoleili	+++	75	Constant	+++	50	Constant
	Ablabesmyia sp.	+	8.33	Accidental	++	25	Accessory
	Procladius sp.	+++	91.67	Constant	+++	75	Constant
	Tanytarsus sp.	+++	91.67	Constant	+++	75	Constant
	Tanypus fuscus	+	8.33	Accidental			
	Cricotopus sp.	+++	91.67	Constant	+++	100	Constant
Tabanidae	*Tabanus* sp.	++	41.67	Accessory			
Ceratopogonidae	*Bezzia* sp.	+	16.67	Accidental			
	Stratiomydae sp.	+	8.33	Accidental			
Culicidae	*Culex quinquefaciatus*	+++	100	Constant	+++	91.67	Constant
Syrphidae	*Eristales tenax*	++	33.33	Accessory			
Tipulidae	*Limonia tipulipes*	+	8.33	Accidental			
	Tipula sp.	++	25	Accessory			
Coleoptera							
Hydrophilidae	*Amphiops* sp.	+++	100	Constant	+++	83.33	Constant
	Hydrochara sp.	+++	91.67	Constant	+++	66.67	Constant
	Hydrochara flavipes	+	8.33	Accidental			
	Hydrochara richsecheri	++	41.67	Accessory			
	Hydrochara caraboides	+++	75	Constant			
	Hydrobiinae sp.	+++	91.67	Constant	+++	50	Constant
	Enochrus sp.	+++	75	Constant	++	41.67	Accessory

	Enochrus testaceus	++	25	Accessory	+	8.33	Accidental
	Hydrochus elongatus				++	33.33	Accessory
	Anacaena globulus	+++	100	Constant	++	25	Accessory
	Berosus signaticollis				+	8.33	Accidental
Dyticidae	*Dyticus* sp.	+	8.33	Accidental			
	Ilybi sp.	+++	50	Constant	+	8.33	Accidental
	Rhantus exsoletus	++	25	Accessory	++	33.33	Accessory
	Bidessu sp.	+	16.67	Accidental			
	Hydrobuis sp.	+++	66.67	Constant	+	16.67	Accidental
	Hydrovatus sp.	+	8.33	Accidental	+	8.33	Accidental
	Porhydrus lineatus	+++	66.67	Constant	+	8.33	Accidental
	Lacccophilus sp	+++	91.67	Constant	+++	100	Constant
	Laccophilus vermiculosus	+++	58.33	Constant	+++	100	Constant
	Laccophilus evanescens	+	16.67	Accidental	++	41.67	Accessory
	Laccophilus oblongus	+	16.67	Accidental	+	8.33	Accidental
	Agabetes sp.	+++	83.33	Constant			
	Agabus bifarius	++	41.67	Accessory	+	16.67	Accidental
	Agabus melanarius	+++	75	Constant	+	16.67	Accidental
	Agabus guttatus	+++	50	Constant			
	Agabus uliginosus				+	16.67	Accidental
	Hydrocanthus micans	+++	91.67	Constant	+++	50	Constant
	Hydrocoptus simplex	+++	91.67	Constant	+++	66.67	Constant
	Cybister fimbriolatus	+++	58.33	Constant	+	8.33	Accidental
	Cybister tripunctatus	+	16.67	Accidental			
	Cymbiodyta marginella	++	25	Accessory			
	Hydaticus ussheri	+	8.33	Accidental			
	Hydaticus piceus	++	33.33	Accessory			
	Hydaticus vitticollis	+	8.33	Accidental			
	Canthydrus xanthinus	+++	83.33	Constant	++	33.33	Accessory
	Heterhydrus senegalenlensis	+++	58.33	Constant	+	16.67	Accidental
	Hyphydrus sp.				+	8.33	Accidental
	Orectogyrus alluaudi				++	25	Accessory
Helodidae	*Elodes* sp.	+	16.67	Accidental	+	8.33	Accidental
	Elodes pal	+++	50	Constant			
Chysomelidae	*Oreina geminata*	++	25	Accessory			
	Pseudotetramerous tarsus	++	33.33	Accessory			
Curculionidae	*Pseudobargous* sp.	+++	66.67	Constant			
	Bargous sp.	+++	83.33	Constant	++	41.67	Accessory
Elmidae	*Limnius* sp.	+++	50	Constant	++	25	Accessory
	Elmis sp.	+++	58.33	Constant			
	Leptelmis seydeli	+++	83.33	Constant			
	Cyphon coarctatus	+++	75	Constant			
	Hydraena sp.	++	41.67	Accessory			
Odonata							
Libellulidae	*Libellula* sp.	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Palpopleura lucia lucia	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Crocothemis erytraea	+++	83.33	Constant	+++	75	Constant
	Leucorrhinia sp.	+++	66.67	Constant	++	41.67	Accessory
	Orthethrum caffrum	+++	50	Constant	+	16.67	Accidental
	Sympetrum sp.	+++	75	Constant	++	25	Accessory
	Somatochlora sp.	+++	83.33	Constant	+++	66.67	Constant
	Zygonychidium gracile	++	41.67	Accessory			
	Brachythemis leucosticta	++	41.67	Accessory	++	25	Accessory
	Brachinopyga strachani	++	33.33	Accessory	+	8.33	Accidental
Corduliidae	*Cordulia aenea*	+++	83.33	Constant	+++	66.67	Constant
	Epitheca bimaculata	+++	75	Constant	+	8.33	Accidental

	Oxygastra curtisii	+++	100	Constant	+++	66.67	Constant
	Phyllomacromia sp.	++	33.33	Accessory	+	8.33	Accidental
	Macromia sp.	+++	58.33	Constant	++	33.33	Accessory
	Macromia picta	+++	58.33	Constant	++	33.33	Accessory
Aeshnidae	*Aeshnia affinis*	+++	50	Constant			
Cordulegasteridae	*Cordulegastere* sp.	+	16.67	Accidental	+	8.33	Accidental
Coenagrionidae	*Pseudagrion* sp.	+++	91.67	Constant	+++	100	Constant
	Pseudagrion Wellani	+++	100	Constant	++	41.67	Accessory
	Ceriagrion tenelum	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Eurymetra sp.				+++	100	Constant
Ephemeroptera							
Baetidae	*Cloeon smaeleni*	+++	100	Constant	+++	100	Constant
	Cloeon bellum	+++	50	Constant	++	41.67	Accessory
	Cloeon gambiae	+++	75	Constant	+++	91.67	Constant
	Cloeon perkinsi	+++	58.33	Constant	+++	91.67	Constant
Leptophlebiidae	*Traulus* sp.				+	8.33	Accidental
Polymitarcyidae	*Povulla adusta*				+	16.67	Accidental
Tricoptera							
Ecnomidae	*Ecnomus* sp.				+	8.33	Accidental
Philopotamidae	*Chimarra petri*				+++	83.33	Constant
Hydroptilidae	*Hydroptila* sp.	++	33.33	Accessory			
Lepidoptera							
Crambidae	*Cataclysta lemnata*				++	33.33	Accessory
	Elophila obliteralis				+++	58.33	Constant
Megaloptera							
Corydalidae	*Corydalus* sp.	+	16.67	Accidental			
Amphipoda							
Gammaridae	*Gammarus* sp.	+	16.67	Accidental			
Decapoda							
Atydae	*Caridina* sp.	+	16.67	Accidental	+++	50	Constant
	Caridina africana	++	25	Accessory	+++	50	Constant
	Caridina niloticus	++	25	Accessory	+	8.33	Accidental
Crangonidae	*Crangon cranagon*	+++	83.33	Constant	+++	58.33	Constant
Penaidae	*Penaeus notialis*	++	33.33	Accessory			
	Parapenaeus longirostris	+++	100	Constant	++	41.67	Accessory
Aranae							
Tetragnatidae	*Tetragnatha* sp.	++	41.67	Accessory	++	41.67	Accessory
Pissauridae	*Thalassius massajae*	+++	83.33	Constant	+	8.33	Accidental
	Thalassius rossi	+	8.33	Accidental	+	8.33	Accidental
	Thalassius margaritatus	++	41.67	Accessory	++	25	Accessory
Trombidiformes							
Hydrachnidae	*Hydrachna globosa*	+++	83.33	Constant	+++	75	Constant
	Hydrachna sp.	+	8.33	Accidental	+++	66.67	Constant
Mésogasteropoda							
Ampullariidae	*Pila globosa*	+++	91.67	Constant			
Physcidae	*Aplexa hypnorum*	+++	50	Constant			
	Lanistes ovum	+++	50	Constant			
Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*	+++	50	Constant	+	8.33	Accidental
Basommatophora							
Planorbidae	*Bulinus africana*	+	16.67	Accidental			
	bulinus truncatus	++	33,33	Accessory			
	Planorborus corneus	++	25	Accessory			
	Planorbis planorbis	+++	58.33	Constant			
	Gyraulus sp.	+++	50	Constant			
	Gyraulus costulatus	+++	50	Constant			
	Turbonula interrupta	+++	58.33	Constant			

Lymnaeidae	*Lymnaea natalensis*	++	41.67	Accessory			
Oligochaeta							
Oligochetes	*Oligochètes* sp.	+++	100	Constant	+	16.67	Accidental
Tubificidae	*Tubifex tubifex*	+++	100	Constant			
Clitellata							
Haplotaxidae	*Haplotaxis gordioides*	+++	83.33	Constant			
Lumbricidae	*Lumbricus rubellus*	++	41.67	Accessory	+	8.33	Accidental
Pharyngobdelliforme							
Herpodelidae	*Herpodella* sp.	+++	50	Constant	+++	58.33	Constant
Rhynchobdellida							
Glossiphoniidae	*Glossiphonia heteroclita*	+	16.67	Accidental	+++	66.67	Constant

3.3 FREQUENCY OF OCCURRENCE

Table 2 shows the percentages of very frequent, frequent and sporadic taxa in both lagoons. In Ono lagoon, we recorded 87 very frequent taxa (F ≥ 50%), 32 frequent taxa (25% ≤ F < 50%) and 26 sporadic taxa (F < 25%) whereas 48 very frequent taxa (F ≥ 50%), 23 frequent taxa (25% ≤ F < 50%), and 34 sporadic taxa (F < 25%) were found in Hébé lagoon. In Ono and Hébé lagoons, Coleoptera (26 and 07 species respectively), Heteroptera (16 and 11 species), Odonata (16 and 9 species) and Diptera (09 species each) dominated respectively by Dytiscidae, Belostomatidae, Libellulidae and Chironomidae were very frequently found in capture. In Ono lagoon, 08, 04, 05 and 05 species belonging to respectively Coleoptera, Heteroptera, Diptera and Odonata were frequent whereas frequent taxa were composed of 09 species of Coleoptera, 01 species of Heteroptera, 02 species of Diptera and 06 species of Odonata were frequent in Hébé lagoon. Sporadic taxa consisted of 10 species of Coleoptera, 02 species of Heteroptera, 01 species of Odonata and 06 species of Diptera in Ono lagoon and 14 species of Coleoptera, 06 species of Heteroptera and 05 species of Odonata in Hébé lagoon.

3.4 DIVERSITY INDICES AND RAREFIED RICHNESS

A Kruskal-Wallis test revealed no significant difference ($p > 0.05$) among diversity indices and rarefied richness between seasons (Table 3). In general, values were slightly higher in Ono lagoon (H' = 4.25, E = 0.49 and S = 141.58) compared to that of Hébé lagoon (H' = 3.91, E = 0.47 and S = 105) in all seasons. Concerning seasons, Shannon index was found to be higher in rainy (H' = 4.30) and dry (H' = 4.12) seasons and lower in flood season (H' = 3.79) in Ono lagoon. In contrast, values were higher in dry season (H' = 3.88) following by rainy season (H' = 3.74) and flood season (H' = 3.72) in Hébé lagoon. The Shannon-Weaver index was greater than 2 in all samples. High values of Evenness were obtained during rainy season (E = 0.85) in Ono lagoon and during flood season (E = 0.91) in Hébé lagoon. The rarefied richness was also higher in rainy season (S = 105.91) followed by dry season (S = 101.34) flood season (S = 79.31) in Ono lagoon. In contrast, the rarefied richness was higher in dry season (S = 79.39) followed by rainy season (S = 70.40) and flood season (S = 59) in the Hébé lagoon.

Table 3. Diversity indices and rarefied richness of macroinvertebrates in Ono and Hébé lagoons.

	Lagoon Ono				Lagoon Hébé			
	Ds	Rs	Fs	Annual	Ds	Rs	Fs	Annual
Taxa	127	126	86	145	93	77	59	105
Abundance	5654	5085	1436	12175	2653	1742	658	5053
Shannon diversity (H')	4.12	4.30	3.79	4.25	3.88	3.74	3.72	3.91
Evenness index (E)	0.85	0.88	0.85	0.85	0.86	0.86	0.91	0.84
Rarefied richness (S)	101.34	105.91	79.31	141.58	79.37	70.40	59	105

4 DISCUSSION

Analysis of the physical and chemical parameters in both lagoons showed significant seasonal variation, except for pH, nitrite and ammonium. The temperature range obtained in this study shows that the water remains relatively hot. This range is close to those observed in most Ivorian hydrosystems [9], [16]. The highest values of temperature in Hébé lagoon during all seasons is related to the exposure of this lagoon to direct solar radiation due to the absence of macrophytes on the exploitable surface. According to [17], surface water temperature is influenced by solar radiation intensity, evaporation, freshwater influx and cooling. Dissolved oxygen mean values were very low in Ono lagoon compared to Hébé lagoon, attesting that plant cover

and root density influence strongly oxygen concentration. The reference [18] noted that the dense mats of macrophytes reduced water circulation and light penetration in water bodies and influenced dissolved oxygen concentrations. On the other hand, the lowest values of oxygen levels may be due to the removal of free oxygen through respiration by macrophytes bacteria and animals as indicated by [19]. Waters of both lagoons have a pH slightly acidic in dry and flood seasons and close to the neutral in rainy season. The pH was lower than the values of Grand-Lahou lagoon [20] and close to Banco river [9]. This acidity comes mainly from plant organic matter decomposition, with production of CO2 in the first layers of the soil [21], [22]. Acidic pH increases the risk of presence of metals and gas in a more toxic form because of runoff water during the flood season which brought materials in lagoon or from the re-suspension of sedimented materials. The low conductivity observed in Ono lagoon during all seasons can be due to the presence of saprophyte stands that act on the medium by slowing down current velocities, trapping sediments, releasing nutrients and creating new habitat as reported by [23]. Conductivity, TDS and depth were higher in flood seasons and lower in dry season for both lagoons. Nitrogenous materials (ammonium, phosphate, nitrate and nitrite) recorded in Ono lagoon were higher, which can explain problems of eutrophication (proliferation of numerous macrophytes) observed in this lagoon. The contamination of surface waters by total phosphorus can be induced by leaching of cropland containing phosphate fertilizers and some pesticides. Indeed, the Ono lagoon watershed closes several industrial plantations (rubber, palm oil, pineapple) that require the use of fertilizers and pesticides over large areas.

There is no realistic estimate of macroinvertebrates fauna in small lagoons of Côte d'Ivoire till now. Results of the present study showed that the main groups of macroinvertebrates were mostly aquatic insect larvae (Heteroptera, Coleoptera, Odonata, Ephemeroptera, Tricoptera, Lepidoptera, Megaloptera), Achaeta (Oligochaeta, Clitellata, Pharyngobdelliforme and Rhynchobdellida), Gastropoda (Mesogasteropoda and Basommatophora), Crustacea (Amphipoda and Decapoda) and Arachnida (Aranae and Trombidiformes). This result is relatively similar to those reported by previous studies in other water bodies of Côte d'Ivoire [24], [25], [9], Bénin [26] and Burkina Faso [27]. However, differences remain either in the taxa number or the dominant group between these results and those of the current study. Indeed, the number of taxa in our study was highest (Ono lagoon = 145 taxa and Hébé lagoon = 105 taxa) than that of earlier studies. The abundance was also highest during the dry season in Ono lagoon (127 taxa) and Hebe lagoon (93 taxa) and lowest during flood season in Ono lagoon (86 taxa) and Hebe lagoon (59 taxa). These differences could be explained by the difference between the sampling period, methods used and environments nature (the types of habitats sampled). On the other hand, the abundance of both lagoons was dominated by insects namely Heteroptera, Diptera, Coleoptera and Odonata in all season with Heteroptera and Coleoptera being respectively the most abundant and diverse groups. This finding is similar to the observation made by [28] in a municipal river from North Central Nigeria. The dominance of these Orders in term of richness was noted by [25] and [29]. In addition, Megaloptera, Amphipoda and Basommatophora were only found in Ono lagoon while Lepidoptera was only present in Hébé lagoon. Dytiscidae (25 and 19 species), Chironomidae (13 and 10 species), Hydrophilidae (10 and 09 species), Libellulidae (09 and 08 species) and are in order, the most abundant families repectively in Ono and Hébé lagoons during the sampling period. However, the diversity of Hébé lagoon appears to be less rich compared to Ono lagoon. The high number of macroinvertebrates in Ono lagoon could be due to the fact that this lagoon is invaded by numerous macrophytes. The reference [30] reported that the floating macrophytes of Ono lagoon supported a rich community of benthic and epiphytic macroinvertebrates. According to [31], these habitats are used by macroinvertebrates as food resource, shelter against predators and for reproduction

Values of diversity indices and rarefied richness were not significantly different between lagoons but relatively higher values were obtained in Ono lagoon than in Hébé lagoon in all seasons, except for evenness. The Shannon diversity index showed significant spatial variation from a minimum of 3.91 (Hébé lagoon) to a maximum of 4.25 (Ono lagoon), suggesting that Ono lagoon was able to sustain a richer associated community. The Shannon diversity index and evenness values of 3.72-4.25 and 0.84-0.91 respectively in both lagoons indicate that the macroinvertebrate stands are relatively diversified and balanced. According to [32], in exceptionally diverse environments, the Shannon diversity index does not exceed 4.5. In addition, according to [33], when equitability is closed to 1, the stand is balanced and stable. In view of the evenness values, the studied lagoons showed a relative heterogeneity. Relatively to seasons, the rainy and dry seasons sustained a richer associated macroinvertebrates community than flood season. According to [34], increased flow during the flood season usually leads to a reduction in macroinvertebrate diversity in tropical streams because of effects of wash off from the surrounding catchment and the dislodgement of taxa with no adhesive features. The rarefied richness did not vary significantly among lagoons and seasons. The rarefied richness shows that in absence of any bias in samples, dry and rainy seasons were rich in number of species for both lagoons. In Grand-Lahou lagoon, [35] showed that high values this index were recorded during the rainy season. According to [36] taxonomic wealth is related to the stability of the environment.

5 CONCLUSION

This study carried out on macroinvertebrates in Ono and Hébé lagoons is the first kind. Its showed that Ono and Hébé lagoons were characterized by a spatial and temporal change of physicochemical parameters. These parameters are dependent

on periodic hydro-climatic variations and human activities. It has contributed to identify 145 and 105 macroinvertebrate species composed of aquatic Insects, Achaeta, Gastropoda, Crustacea and Arachnida respectively in Ono and Hébé lagoons. It is also revealed that these lagoons are able to sustain a richer associated and diverse community. However, the increase of anthropogenic disturbances on these lagoons constituted a real threat of the macroinvertebrates at long term.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are most grateful to Dr Wadja Mathieu Egnankou of SOS Forest and Mr. Jean Assi of the National Floristic Centre for their useful help in macrophyte identification. We are especially thankful to Drs. Oi Edia Edia and Kouadio Kouakou Norbert for their useful help in macroinvertebrates identification.

REFERENCES

[1] A.J.P. Smolders, R.A.C. Lock, G. Van der Velde, R.I. Medina Hoyos and J.G. M. Roelofs, "Effects of mining activities on heavy metal concentrations in water, sediment, and macroinvertebrates in different reaches of the pilcomayo river, South America," *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 44, pp. 314-323, 2003.

[2] R. d'Adamo, M. Di-Stasio and A. Fabbrochini, "Migratory Crustaceans as Biomonitors of Metal Pollution in Their Nursery Areas: The Lesina Lagoon Italy as a Case Study," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 143, pp. 15-24, 2008.

[3] R. Warwick, Taxonomic Distinctness as an Indicator of Stress in the Marine Macrobenthos. Indicators of Stress in the Marine Benthos, IOC Workshop Report No.195, pp.10-11, 2005.

[4] C. Burger, S.B. Hsiao, and B. Chu, "Nanofibrous materials and their applications," Annual Review of Materials Research, vol.36, pp.333-368, 2006

[5] R.B. Ikomi, F.O. Arimoro and O.K. Odihirin, "Composition, distribution and abundance of macroinvertebrates of the upper reaches of River Ethiopia, Delta State, Nigeria," *Zoologist*, vol.3, pp. 68-81, 2005.

[6] A.D. George, J.F. Abowei and J.F. Alfred-Ockiya, "The Distribution, Abundance and Seasonality of Benthic Macro Invertebrate in Okpoka Creek Sediments, Niger Delta, Nigeria 2010," *Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology*, vol.2, no. 1, pp. 11-8, 2009.

[7] F.O. Masese, P.O. Raburu and M. Muchiri, "A preliminary benthic macroinvertebrate index of biotic integrity (B-IBI) for monitoring the Moiben River, Lake Victoria Basin, Kenya," *African Journal of Aquatic Science*, vol.34, no. 1, pp.1-14**,** 2009.

[8] D. Trolle, D.P. Hamilton, C.A. Pilditch, I.C. Duggan and E. Jeppesen, "Predicting the effects of climate change on trophic status of three morphologically varying lakes: Implications for lake restoration and management," *Environmental Modelling and Software*. Vol.26, pp. 354-370, 2010.

[9] A.I. Camara, D. Diomandé, K.Y. Bony, A. Ouattara, E. Franquet and G. Gourène, "Diversity assessment of benthic macroinvertebrate communities in Banco National Park (Banco stream, Côte d'Ivoire), "*African Journal of Ecology*, vol.50, pp. 205-217, 2012.

[10] L.M.Mesa, M.C. Reynaga, M.V. Correa and M.G. Sirombra, "Effects of anthropogenic impacts on benthic macroinvertebrates assemblages in subtropical mountain streams. Iheringia, Porto Alegre," *Série Zoologia*, vol.103, no. 4, 342-349, 2013.

[11] E. O. Edia, S. Brosse, A. Ouattara, G. Gourène, P. Winterton and S. Lek-Ang, "Aquatic insect assemblage patterns in four West-African coastal rivers," *Journal of Biological Sciences***,** vol.7, pp. 1130-1138, 2007.

[12] K.N. Kouadio, D. Diomandé, A. Ouattara, Y.J.M. Koné and G. Gourène, "Taxonomic diversity and structure of benthic macroinvertebrates in Aby lagoon (Ivory Coast, West Africa), " *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 11, no.18, 2224-2230, 2008.

[13] C. Dejoux, J.M. Elouard, P. Forge and J.L. Maslin, Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. Rapport de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer (ORSTOM, 42), 178 p, 1981.

[14] I.J. De Moor, J.A. Day and F.C. De Moor, Guide to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa. Volume 7: Insecta I: Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera. Rapport N° TT 207/03 Water Research Commission, South Africa, 288 p, 2003.

[15] H. Tachet, P. Richoux, M. Bournaud and P.U Polatera, Invertébrés d'eau douce, Systématique, biologie, écologie. Paris, CNRS, 587 p, 2003.

[16] Y.J. Simou, M. Bamba, Y.A. Konan, K.P. Kouassi and T. Koné, "Impact des activités anthropogéniques sur la distribution des macroinvertébrés benthiques et la qualité des eaux de quatre petits cours d'eaux de Côte D'ivoire," *European Journal of Scientific Research*, vol.136, no. 2, pp.122-137, 2015.

[17] V. Prabu Ashok, M. Rajkumar and P. Perumal, "Seasonal variations in physico-chemical characteristics of Pichavaram mangroves, southeast coast of India," *Journal of Environmental*, vol. 29, no. 6, pp. 945-950, 2008.

[18] C.J. Colon-Gaud, Macroinvertebrate abundance and distribution of hydrilla and ceratophyllum habitats in the atchafalaya river basin, Louisiana. 51 p, 2003.
[19] P. Tohouri, G. Soro, K.E. Ahoussi, M.G. Adja, G.E. Ake, and J. Biemi, " Pollution par les éléments traces métalliques des eaux de surface en période de hautes eaux de la région de Bonoua (Sud-est de la Côte d'Ivoire)," *Larhyss Journal*, vol.29, pp.23-43, 2017.
[20] S. K. Konan, A. M. Kouassi, A. A. Adingra, B. K. Dongui and D. Gnakri, "Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale: la lagune de Grand-Lahou, Côte D'ivoire," *European Journal of Scientific Research*, vol.21, no,3, pp. 376-393, 2008.
[21] L. Matini, M. J. Moutou and S.M. Kongo-Mantono, "Evaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo," *Afrique Science*, vol.05, no.1, pp. 82-98, 2009.
[22] S.G. Eblin, A.P. Sombo, G.M. Soro, N. Aka, O. Kambiré and N. Soro, "Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire),"*Journal of Applied Biosciences*, vol.75, no.1, pp. 6259- 6271, 2014.
[23] H.J. Dawson, Probing Structure-Function Relations in Heme-Containing Oxygenases and Peroxidases. Sciences. 433-439 p, 1988.
[24] D. Diomande, K.Y. Bony, E. O. Edia, K. F. Konan and G. Gourene "Diversité des macroinvertébrés benthiques de la rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest)," *European Journal of Scientific Research*, vol.35, no.3, 368-377, 2009.
[25] E.O.Edia, K.Y. Bony, K.F. Konan, A. Ouattara and G. Gourène, "Distribution of Aquatic Insects among Four Costal River Habitats,"*Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences*, vol. 2, no.8, pp.68-77, 2013.
[26] P.M. Gnohossou, La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le Lac Nokoué au Benin), Diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 169 p, 2006.
[27] S.Sanogo, T.J.A. Kabre and P. Cecchi,"Spatial-temporal dynamics of population structure for macroinvertebrates families in a continuum dam effluent river in irrigated system. Volta Basin (Burkina Faso),"*International Journal of Agricultural Policy and Research*, vol.2, no.5, pp. 203-214, 2014.
[28] A.O. Edegbene, F.O.Arimoro, O. Odoh and E. Ogidiaka, "Effect of anthropogenicity on the composition and diversity of aquatic insects of a municipal river in North Central Nigeria," *Biosciences Research in Today's World*, vol.1, no.1, pp.55-66, 2015.
[29] M.L. Yapo, M. Koné and Y. Tuo,"Diversity and community structure of a non-stocked pond insects of a tropical forest the National Park forest of Banco, Côte d'Ivoire, West Africa," *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, vol.2, no.11, pp. 1-16, 2016.
[30] B. Diarra, K.J. Konan, M.L. Yapo and K.P. Kouassi,"Aquatic macroinvertebrates associated with free-floating macrophytes in a marginal lentic ecosystem (Ono Lagoon, Côte d' Ivoire), " *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 6, no.3, pp. 1432-1441, 2018.
[31] F.J.Murphy and S.P.Giller, "Seasonal dynamics of macroinvertebrate assemblages in the benthos and associated with detritus parcks in two low orders streams with different riparian vegetation,"*Freshwater Biology*, vol.43, pp. 617-631, 2000.
[32] S.Frontier, L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégie d'échantillonnage en écologie, Frontier et Masson édition, Paris, 494 p, 1983.
[33] M. Amanieu and G. Lasserre, "Organisation et évolution des peuplements lagunaires," *Oceanologica Acta*, vol.4, pp.201-213, 1982.
[34] F.O.Arimoro, B. Robert and B.R. Ikomi, "Response of macroinvertebrate communities to abattoir wastes and other anthropogenic activities in a municipal stream in the, Niger Delta, Nigeria," *Environmentalis*, vol.28, pp.85-98, 2008.
[35] K N. Kouadio, I.A. Camara, N.M. Seu-Anoï, D. Diomandé and G. Germain, "Response of benthic macroinvertebrates communities to seasonal changes in the Grand-Lahou lagoon (Côte d'Ivoire, West Africa)," *International Journal of Aquatic Science*, vol.9, no.1, pp.13-22, 2018.
[36] P. Legendre and L. Legendre,Numerical Ecology. Second edition, Elsevier, Amsterdam, 853 p, 1998.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1004-1021
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Approche stochastique de la congestion dans les réseaux 2G à 4G$^+$

[Stochastic approach of congestion in 2G to 4G$^+$ networks]

BADIBI OMAK A. Christopher and KALALA MUTOMBO Franck

Département de Mathématique, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents the stochastic approach to congestion that is unknown to some users or designers of telecommunication networks. Its purpose is to help designers predict network behavior, characterize load, determine number and size of components, these elements are important for those who want to optimize the network in terms of its architecture, so as to meet the required quality of service standards by taking the most economical route possible. This approach will be based on the modelizations of the arrival and the waiting calls on the network following some hypotheses. A key element of call reception to consider is the base transmission station (BTS) in the GSM network or the NODE B in the 3G to 4G$^+$ networks.

KEYWORDS: Telecommunications Networks, Stochastic Processes, Markov Chains and Queuing Networks.

RESUME: Cet article présente l'approche stochastique de la congestion plutôt méconnus pour certains utilisateurs ou concepteurs des réseaux de télécommunications. Elle a pour but d'aider les concepteurs à prédire le comportement du réseau, caractériser la charge, déterminer le nombre et la taille des composantes nécessaires pour enfin prédire la performance du réseau sous des charges futures. Ces éléments sont importants pour ceux qui veulent optimiser le réseau au niveau de son architecture, de manière à satisfaire les standards de qualité de service requis en empruntant la voie la plus économique possible. Cette approche se base sur les modélisations de l'arrivée, de la mise en attente et du blocage des appels sur le réseau suivant certaines hypothèses. Un élément capital de réception d'appel à considérer est la station de transmission de base (BTS) dans le réseau GSM ou la NODE B dans les réseaux 3G à 4G$^+$.

MOTS-CLEFS: Réseaux de télécommunications, Processus stochastiques, chaines de Markov et Réseaux des Files d'attentes.

1 INTRODUCTION

La plupart des phénomènes de nature aléatoire peuvent être modélisés grâce aux mathématiques tels que les processus stochastiques via le files d'attentes qui permettent d'établir les modèles décrivant les fluctuations des cours boursiers, jeux de hasard, cheminement des paquets de données et les trafics dans un réseau de télécommunication [1][2][3][8][10][11] [12][13]etc. Les files d'attente peuvent être considérées comme un phénomène caractéristique de la vie contemporaine. On les rencontre dans les domaines d'activité les plus divers (guichet de poste, trafic routier, central téléphonique, atelier de réparation,...). L'étude mathématique des phénomènes d'attente constitue un champ d'application important des processus stochastiques [1] [2] [14] [15] [16]. On parle de phénomène d'attente chaque fois que certaines unités appelées "clients" se présentent d'une manière aléatoire à des "stations" afin de recevoir un service dont la durée est généralement aléatoire.

La théorie des files d'attente s'attache à modéliser et à analyser de nombreuses situations en apparence très diverses, mais qui relèvent néanmoins toutes du schéma descriptif général suivant [17] [18] [19]:

« Des clients arrivent à intervalles aléatoires dans un système comportant plusieurs serveurs auxquels ils vont adresser une requête. La durée du service auprès de chaque serveur est elle-même aléatoire. Après avoir été servis (ce qui suppose un arrêt chez un ou plusieurs serveurs selon le cas), les clients quittent le système ».

2 MODELISATION DES APPELS

2.1 MODELISATIONS DES INSTANTS D'ARRIVES D'APPELS

Nous considérons des appels qui arrivent sur la BTS ou la NODE B **[4] [5] [6] [7]** [9] de manière aléatoire. Prenons ensuite un intervalle de temps t et divisons cet intervalle en n sous intervalles de durée :

$$\frac{t}{n}$$

Graphiquement notre cas se présente de la sorte :

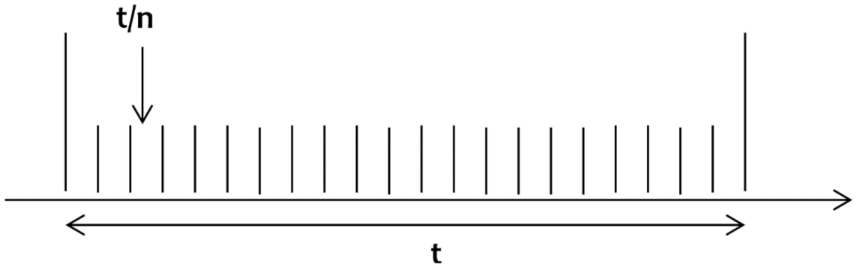


Figure 2.1

On choisit n suffisamment grand pour que les conditions (qui constituent les hypothèses de notre travail) soient respectées:

- Une seule arrivée d'appel peut survenir dans un intervalle t/n
- Les instants d'arrivée d'appels sont indépendants les uns des autres
- La probabilité qu'un appel arrive dans un sous intervalle est proportionnelle à la durée du sous intervalle.

On écrit alors :

$$p_1(1) = \frac{\lambda t}{n}$$

Dans cette expression $p_1(1)$ représente la probabilité d'arrivée d'un appel dans un sous intervalle et le terme λ représente le coefficient de proportionnalité entre la probabilité et la durée t/n du sous intervalle.

Conformément à l'hypothèse de départ qui consiste à considérer comme nulle la probabilité d'avoir plusieurs appels dans un sous intervalle s'écrit alors :

$$p_2(1) + p_3(1) + \cdots + p_n(1) + \cdots = \sum_{k=2}^{+\infty} p_k(1) = 0$$

La probabilité de n'avoir aucun appel durant un sous intervalle de temps t/ns'écrit donc :

$$p_0(1) = 1 - \sum_{k=1}^{+\infty} p_k(1)$$

En développant cette expression on obtient :

$$p_0(1) = 1 + p_1(1) - \sum_{k=2}^{+\infty} p_k\,(1)$$

En vertu de la propriété énoncée précédemment on obtient donc :

$$p_0(1) = 1 - p_1(1)$$

Ainsi donc la probabilité d'avoir k arrivées d'appels durant n intervalles de temps s'obtient en considérant le nombre de façon de choisir k intervalles parmi le n. Pour chacune de ces solutions on aura k intervalles avec une arrivée d'appel et n-k intervalles avec aucune arrivée d'appel. Alors la probabilité de l'un de ces cas sera donc égale à $p_1(1).p_1(1)^{n-k}$. La probabilité globale s'obtient en faisant la somme de tous les différents cas possibles. Finalement on obtient :

$$p_k(n) = C_n^k p_1(1)^k p_0(1)^{n-k}$$

Lorsqu'on remplace les probabilités par leurs valeurs en fonction de $\lambda, t\ et\ n$ on obtient donc :

$$p_k(n) = C_n^k \left(\frac{\lambda t}{n}\right)^k (1 - \frac{\lambda t}{n})^{n-k}$$

La limite de la probabilité $p_k(n)$ lorsque n tend vers l'infini est égale à la probabilité d'avoir k arrivées d'appel durant un intervalle de temps t. On note p_k cette probabilité [1] [2] [13] :

$$p_k = \lim_{n\to\infty} p_k(n)$$

En reprenant alors les différents termes de l'expression de $p_k(n) = C_n^k \left(\frac{\lambda t}{n}\right)^k (1 - \frac{\lambda t}{n})^{n-k}$ et quand on fait tendre n vers l'infini on aura :

$$\lim_{n\to\infty} C_n^k (\frac{\lambda t}{n})^k = \lim_{n\to\infty} (\frac{n!}{k!\,(n-k)!} \frac{(\lambda t)^k}{n^k}) = \lim_{n\to\infty} (\frac{(\lambda t)^k}{k!} \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)}{n^k}) = \lim_{n\to\infty} (\frac{(\lambda t)^k}{k!})$$

$$\lim_{n\to\infty} (1 - \frac{\lambda t}{n})^{n-k} = \lim_{n\to\infty} (\, e^{-\lambda t + \frac{k}{n}\lambda t}) = \lim_{n\to\infty} (\, e^{-\lambda t})$$

Ce qui donne :

$$p_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}\ (2.1)$$

Cette expression est extrêmement importante, elle représente la probabilité d'observer k arrivées d'appels dans un intervalle de durée t. Ce qui correspond bien à la distribution de Poisson **[26] [31].** Le paramètre λ est le taux moyen d'arrivée d'appels. Il s'agira donc d'un nombre moyen d'appels par secondes. On peut vérifier que ce paramètre représente bien le nombre moyen d'appels durant une durée t.

En effet, pour obtenir le nombre moyen, ayant la distribution de probabilité, il faut calculer l'espérance mathématique.

- **Espérance mathématique**

On définit l'espérance **[31]**, dans le cas d'une loi discrète i.e pour une variable ne prenant que des valeurs entières, comme c'est le cas ici pour le nombre d'appels arrivant durant un intervalle t, comme :

$$\mathbb{E}(k) = \sum_{k=}^{+\infty} k p_k$$

En reprenant alors l'expression de p_k, on obtient :

$$\mathbb{E}(k) = \sum_{k=0}^{+\infty} k \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} = \lambda t \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(\lambda t)^k}{(k-1)!} e^{-\lambda t} = \lambda t e^{\lambda t} e^{-\lambda t} = \lambda t$$

$$\mathbb{E}(k) = \lambda t\ (2.2)$$

- **La variance**

s'exprime de la manière suivante :

$$Var(k) = \mathbb{E}(k^2) - \big(\mathbb{E}(k)\big)^2 = \sum_{k=0}^{+\infty} k^2 \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} + (\lambda t)^2$$

$$Va(k) = ((\lambda t) \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(k-1+1))(\lambda t)^{k-1}}{(k-1)!}) e^{-\lambda t} - (\lambda t)^2 = (\lambda t)(\sum_{k=0}^{+\infty} \frac{k(\lambda t)^k}{k!} + \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(\lambda t)^k}{k!}) e^{-\lambda t}$$

$$Var(k) = \lambda t\big(\lambda t e^{\lambda t} e^{-\lambda t} + e^{\lambda t} e^{-\lambda t}\big) + (\lambda t)^2$$

$$Var(k) = \lambda t\ (2.3)$$

- **Temps moyen entre appels**

Introduisons maintenant la variable aléatoire τ qui représente le temps séparant deux arrivées d'appels. Graphiquement il se présente de la sorte :

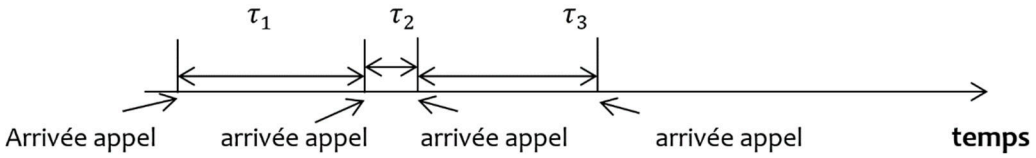


Figure 2.2: Arrivées d'appels

Soit A(t) la probabilité que le temps τ soit inférieur ou égal à une valeur t :

$$A(t) = \mathbb{P}(\tau \leq t) = 1 - \mathbb{P}(\tau > t)$$

Or P(τ > t) représente la probabilité qu'il n'y ait aucune arrivée d'appels durant un temps t. Cette probabilité nous l'avons justement établie dans les pages précédentes :

$$\mathbb{P}(\tau > t) = p_0 = e^{-\lambda t}$$

On en déduit donc :

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Nous introduisons alors la densité de probabilité de la variable aléatoire τ . On rappelle que la densité s'obtient simplement en dérivant la probabilité par rapport à t. On obtient ainsi :

$$g(t) = \frac{dA(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$$

En général on rencontre plus souvent le calcul inverse, c'est à dire compte tenu d'une densité de probabilité g(t), A(t) $=\int_0^t g(u)du$. On part de 0 car il s'agit d'une durée entre deux appels. On peut vérifier que l'intégrale donne alors :

$$A(t) = [-e^{-\lambda t}]_0^t = 1 - e^{-\lambda t}$$

L'expression de la densité de probabilité permet de calculer la durée moyenne $\bar{\tau} = \mathbb{E}(\tau)$ entre deux arrivées d'appel.

$$\mathbb{E}(\tau) = \int_0^{+\infty} tg(t)dt = \int_0^{+\infty} \lambda t e^{-\lambda t} dt$$

En intégrant par partie, et en tenant compte des bornes on obtient :

$$\mathbb{E}(\tau) = \frac{1}{\lambda} \quad (2.4)$$

On obtient donc que, pour un taux d'arrivée d'appels de λ appels par secondes, le temps moyen entre appel est égal à $\frac{1}{\lambda}$.

- **Absence de mémoire du processus d'arrivée d'appels**

Nous remarquons que, pour une loi exponentielle négative [14] [15] [16]., le nombre d'appels qui ont pu arriver jusqu'à un temps t_0 n'a pas d'influence sur le nombre d'appels qui vont arriver après t_0 .

Supposons qu'aucun appel ne soit arrivé jusqu'à un temps t_0 et calculons la probabilité qu'un appel arrive durant une durée t après le temps t_0. On doit donc calculer la probabilité d'avoir une durée entre deux appels inférieure à $t + t_0$ tout en étant supérieure à t_0.

Cette probabilité s'écrit : $\mathbb{P}(\tau \leq t + t_0 | \tau > t_0)$. Alors en utilisant la formule de Bayes sur les probabilités conditionnelles, on a :

$$\mathbb{P}(\tau \leq t + t_0 | \tau > t_0) = \frac{\mathbb{P}(t_0 < \tau \leq t + t_0)}{\mathbb{P}(\tau > t_0)} = \frac{\mathbb{P}(\tau \leq t + t_0) - \mathbb{P}(\tau \leq t_0)}{1 - \mathbb{P}(\tau \leq t_0)}$$

En reprenant les expressions des différentes probabilités on obtient donc :

$$\mathbb{P}(\tau \leq t + t_0 | \tau > t_0) = \frac{1 - e^{-\lambda(t+t_0)} - \left(1 + e^{-\lambda t_0}\right)}{1 - (1 + e^{-\lambda t_0})} = 1 - e^{-\lambda t}$$

D'où finalement :

$$\mathbb{P}(\tau \leq t + t_0 | \tau > t_0) = 1 - e^{-\lambda t} \ (2.5)$$

On voit donc que la probabilité d'apparition d'un appel durant un temps t après une durée t_0 pendant laquelle aucun appel n'est arrivé est la même que la probabilité d'apparition d'un appel pendant une durée t, indépendamment de ce qu'on avait posés comme hypothèse au début de ce point. On a donc que la densité exponentielle négative est sans mémoire.

Le fait qu'il est sans mémoire montre en fait que nous sommes dans une chaine de Markov [21][22][23][24] car les nombres d'appels qui sont arrivés pendant un temps précis n'aura pas d'influences sur les appels qui arriveront après ce temps comme nous l'avons souligné ci-haut.

2.2 MODELISATIONS DES DUREES D'APPELS

Pour modéliser les durées des appels on procède comme précédemment. On considère donc un intervalle de temps de durée t que l'on décompose en n sous intervalles de durée :

$$\frac{t}{n}$$

On choisit n de telle sorte que les hypothèses suivantes restent justifiées :

- *La probabilité qu'un appel se termine durant un sous intervalle est proportionnelle à la durée du sous intervalle. On notera* $\mu\frac{t}{n}$ *cette probabilité, expression dans laquelle μ représente le coefficient de proportionnalité*.
- *La probabilité qu'un appel se termine durant un sous intervalle de temps est indépendante du sous intervalle considéré*

Nous introduisons alors une variable aléatoire θ représentant la durée d'un appel, et la probabilité $H(t)$ qui est la durée qu'un appel soit inférieure ou égale à t. i.e

$$H(t) = \mathbb{P}(\theta \leq t).$$

La probabilité qu'un appel ayant débuté à $t = 0$ ne se termine pas avant t s'écrit alors :

$\mathbb{P}(\theta > t) = 1 - H(t)$; Cette probabilité est égale à la probabilité que l'appel ne se termine dans aucun des n sous intervalles de duréet/n

$$1 - H(t) = (1 - \frac{\mu t}{n})^n$$

En faisant alors tendre n vers l'infini membre a membre, on obtient :

$$1 - H(t) = \lim_{n\to\infty}(1 - \frac{\mu t}{n})^n = e^{-\mu t}$$

$$1 - H(t) = e^{-\mu t}$$

$$H(t) = 1 - e^{-\mu t} \ (2.6)$$

Ce qu'on vient d'obtenir est donc l'expression de la probabilité qu'un appel ait une durée inférieure ou égale à t ; On peut en déduire la densité de probabilité associée, qui est notée $h(t)$.

$$h(t) = \frac{dH}{dt} = \mu e^{-\mu t}$$

De la même manière que dans les paragraphes précédents, la durée moyenne $\mathbb{E}[\theta] = \theta$ d'appel est donc égale à:

$$E(\theta) = \frac{1}{\mu}$$

En conclusion on a μ appels qui cessent par secondes et on a une durée moyenne d'appel égale à $1/\mu$

A ce niveau nous comprenons que l'arrivés des appels suit la loi de poisson de paramètre λ et que la durée des appels suit la loi exponentielle négatives de paramètre μ.

Ainsi donc ; Les probabilités d'apparition d'appels et de fin d'appels qui ont été développées dans nos deux paragraphes précédents permettent de modéliser le processus complet d'apparition et de fin d'appels.

2.3 MODELISATION DES PROCESSUS D'APPARITIONS ET DE FIN D'APPELS

A chaque instant un certain nombre d'appels vont apparaître et d'autres vont se terminer. On peut donc modéliser l'état où l'on se trouve à un instant donné comme une chaîne d'états. Chaque état représente le nombre de communications en cours. On conçoit donc bien que si, à un instant donné, il y a k communications on ne peut passer que dans deux états adjacents qui sont les états $k - 1$ et $k + 1$. La probabilité de passer d'un état **i** à un état **j** pendant un temps dt sera donc noté $p_{ij}(dt)$.

Nous introduisons alors les probabilités de transition d'état suivantes :

- Etant dans l'état k, la probabilité $p_{k,k+1}(dt)$ pour passer à l'état $k + 1$ durant un intervalle de temps dt s'écrit $\lambda_k dt$.
- Etant dans l'état k, la probabilité $p_{k,k-1}(dt)$ pour passer à l'état $k - 1$ durant un intervalle de temps dt s'écrit $\mu_k dt$.
- Etant dans l'état k+1, la probabilité $p_{k,k+1}dt$ pour passer à l'état k durant un intervalle de temps dt s'écrit $\mu_{k+1} dt$
- Etant dans l'état $k - 1$, la probabilité,$dt\ p_{k;k-1}$pour passer à l'état k durant un intervalle de temps dt s'écrit λ_{k-1}dt.

Graphiquement notre situation se présente de la manière suivante :

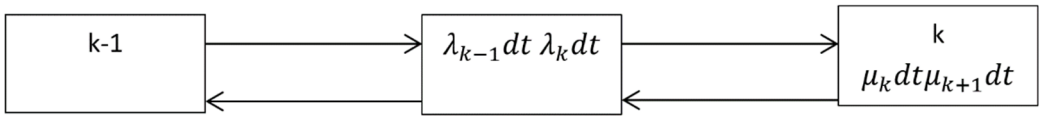


Figure 2.3 : Probabilités des transitions

Les grandeurs λ_k et μ_k sont des taux d'apparition et de fin d'appels du même type que ceux utilisés lors des paragraphes précédents. La seule différence tient au fait que ces taux ont en indice l'état où se trouve le système.

On peut alors introduire la probabilité d'état**,** c'est à dire la probabilité d'être dans un état k à un instant t. La variation de cette probabilité durant un intervalle de temps dt est alors égale à la probabilité de rejoindre cet état en venant d'un état k−1 ou d'un état k+1 moins la probabilité de "quitter" cet état pour aller vers un état k−1 ou vers un état k+1.

On a donc :

$$dp_k(dt) = \lambda_{k-1}dt.p_{k-1}(t) + \mu_{k+1}dt.p_{k-1}(t) - (\lambda_k dt + \mu_k dt)p_k$$

Ce qui n'est autre que les équations Chapman-Kolmogorov [20] [25] [26]. En supposant le système stable, c'est à dire en supposant qu'il se stabilise sur des probabilités d'état fixes lorsque le temps tend vers l'infini, on peut écrire $\frac{dp_k(t)}{dt} = 0$ lorsque t tend vers l'infini, on peut alors noter$p_k = p_k(t)$d'où finalement :

$$\lambda_{k-1}p_{k-1} + \mu_{k+1}p_{k+1} - (\lambda_k + \mu_k)p_k = 0$$

Cette équation est vérifiée pour tout $k \geq 0$ avec les conditions $p_{-1} = 0; \lambda_{-1} = 0; \mu_0 = 0$.

La stabilité des probabilités signifie qu'il y a une probabilité égale de quitter l'état p_k que de le rejoindre. En écrivant le système d'équation précédent, on trouve :

$$\mu_1 p_1 = \lambda_0 p_0$$
$$\lambda_0 p_0 + \mu_2 p_2 = (\lambda_1 + \mu_1)p_1$$
$$\lambda_1 p_1 + \mu_3 p_3 = (\lambda_2 + \mu_2)p_2$$
$$\ldots$$

En résolvant le système on trouve :

$$p_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0}p_0$$

$$p_2 = \frac{1}{\mu_2}\left((\lambda_1 + \mu_1)\frac{\lambda_0}{\mu_1}p_0 - \lambda_0 p_0\right) = \frac{\lambda_1\lambda_0}{\mu_2\mu_1}p_0$$

$$p_3 = \frac{1}{\mu_3}\left((\lambda_2 + \mu_2)\frac{\lambda_1\lambda_0}{\mu_2\mu_1}p_0 - \lambda_1\frac{\lambda_0}{\mu_1}p_0\right) = \frac{\lambda_2\lambda_1\lambda_0}{\mu_3\mu_2\mu_1}p_0$$

....

On trouve alors assez facilement la forme générale :

$$p_k = (\prod_{i=0}^{k-1}\frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}})p_0 \quad (2.7)$$

On sait que comme le système se trouve obligatoirement dans l'un des états on a :

$$\sum_{k=0}^{+\infty} p_k = 1$$

En remplaçant dans l'équation précédente, on obtient enfin :

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{\infty}\prod_{i=0}^{k-1}\frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}}} \quad (2.8)$$

2.4 MODELISATION DU BLOCAGE

2.4.1 TRAFIC OFFERT

D'un point de vue pratique, on imagine bien que, lorsqu'un central téléphonique [28][29][30](commutateur local CL) regroupe les lignes d'un ensemble d'immeubles dans une ville, ce central ne possède pas autant de lignes allant vers le réseau que de lignes allant vers les différents particuliers qu'il dessert.

On peut donc légitiment se demander de combien de lignes on a besoin pour desservir tous ces abonnés. On peut intuitivement prévoir que ce nombre de lignes va étroitement dépendre du nombre d'abonné mais aussi du taux d'occupation de leurs lignes téléphonique. On peut donc définir pour chaque usager ce taux d'occupation de sa ligne téléphonique. En introduisant η pour représenter ce taux, on peut le définir de la manière suivante [18] [27] :

$$BHT = \eta = \frac{N_a \cdot D_a}{24.3600} \quad (3.1)$$

Dans cette expression N_a représente le nombre d'appels passés ou reçus par jour, Da représente la durée moyenne d'un appel en secondes. Enfin 24×3600 représentent la durée d'une journée en secondes. On définit ainsi l'occupation de sa ligne par l'abonné.

L'unité retenue pour η est l'Erlang qui est noté E et η représente le trafic de l'usager ainsi un trafic de 1 Erlang (1 E) correspond à une ligne de téléphone occupée 24 heures sur 24.

2.4.2 MODELISATION DU BLOCAGE

Nous posons comme hypothèse :

- Les clients arrivent selon un processus de Poisson de paramètre λ > 0,
- Le temps de service est une loi exponentielle de paramètre μ > 0,
- Il n y a pas de serveurs montés en parallèle,
- Il n'y a pas de file d'attente.

On s'intéresse ici à un système disposant de N canaux de communications [20][25][26]. Si les N canaux sont occupés, les appels qui arrivent alors sont perdus (absence de tonalité par exemple). On parle alors de blocage du système. On va chercher à estimer cette probabilité de blocage en fonction du nombre de canaux disponibles et du trafic. Compte tenu de ce qui a été énoncé sur le caractère sans mémoire du processus d'arrivée d'appels, on peut considérer que la probabilité $\lambda_k dt$ et indépendante de l'état du système, d'où:

$$\lambda_k dt = \lambda dt, pour\ tout\ k \leq N-1$$

et pour la probabilité de fin d'appel on a par contre

$$\mu_k dt = k\mu dt, pour\ tout\ k < N,$$

Cette probabilité de transition traduit juste que si k appels sont en cours chacun a une probabilité μdt de se terminer, d'où la somme qui donne $k\mu dt$.

En toute rigueur il faudrait soustraire à cette probabilité les probabilités correspondantes à plusieurs appels qui se terminent dans l'intervalle dt car alors, on passe directement à un état plus éloigné.

En utilisant ces expressions de λ_k et de μ_k dans les équations donnant p_k et p_0 que nous avons déjà dans le paragraphe précédent, il vient :

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{N} \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu}} = \frac{1}{1 + \sum_{k}^{N} (\frac{\lambda}{\mu})^k \frac{1}{k!}}$$

En introduisant alors la variable : $a = \frac{\lambda}{\mu}$ qui représente le nombre d'appels qui apparaissent sur le nombre d'appels qui se terminent pendant un intervalle de temps, ce qui représente en fait tout simplement le trafic, il vient :

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{N} \frac{a^k}{k!}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N} \frac{a^k}{k!}}$$

En ramenant alors dans l'expression de p_k, il vient que :

$$p_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{i=0}^{N} \frac{a^i}{i!}} \quad (3.2)$$

La probabilité de blocage d'un système disposant de N canaux et pour un trafic a s'écrit alors $E(a, N)$, elle est égaleà la probabilité de se trouver dans l'état N, E(a, N) = p_N elle s'obtient grâce à l'équation suivante :

$$p_N = \frac{\frac{a^N}{N!}}{\sum_{i=0}^{N} \frac{a^i}{i!}} \quad (3.3)$$

L'expression **(3.3)** est très importante en télécommunication, elle porte le nom de la première formule d'ERLANG, où la formule d'ERLANG B [32], cette formule calcule la probabilité de blocage dans le réseau de téléphonie GSM et en réseau de télécommunication de n'importe quelle génération.

2.4.3 MODELISATION DE LA MISE EN ATTENTE

Ici nous considérons le système pour lequel les appels bloqués peuvent être mis en file d'attente avant d'être servis, on peut alors définir une probabilité d'être mis en attente. Avec ce système on a toujours les mêmes hypothèses c'est-à-dire :

$$\lambda_k . dt = \lambda . dt$$

Mais, pour la probabilité de fin d'appel on a par contre :

$$\mu_k . dt = \begin{cases} k\mu dt, pour\ tout\ 0 \leq k \leq N \\ N\mu dt, pour\ tout\ k \geq N \end{cases}$$

En utilisant (4.1) on obtient pour k supérieur à N :

$$p_k = (\prod_{i=0}^{N-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} \prod_{i=N}^{k-1} \frac{\lambda}{N\mu}) p_0$$

$$p_k = (\frac{a^N}{N!} . \frac{a^{k-N}}{N^{k-N}}) p_0$$

D'où on obtient finalement :

$$\begin{cases} \frac{a^k}{k!} p_0;\ pour\ tout\ 0 \leq k \leq N \\ \frac{a^k}{N!} N^{N-k} p_0;\ pour\ tout\ k > N \end{cases}$$

En utilisant l'expression de (4.2) et en décomposant la sommation on obtient alors:

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{N-1} \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} + \sum_{k=N}^{\infty} \prod_{i=0}^{N-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} \prod_{i=N}^{k-1} \frac{\lambda}{N\mu}}$$

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{a^k}{k!} + \sum_{k=N}^{\infty} \frac{a^k}{N!} \frac{1}{N^{k-N}}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^N}{N!} \sum_{k=N}^{\infty} \frac{a^{k-N}}{N^{k-N}}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^N}{N!} \sum_{k=0}^{\infty} (\frac{a}{N})^k}$$

Or on sait que dans la pratique $\frac{a}{N} < 1$ donc $\sum_{k=0}^{\infty} (\frac{a}{N})^k = \frac{1}{1-\frac{a}{N}}$ car c'est une suite géométrique d'où l'expression précédente devient donc :

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{N-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^N}{N!} \frac{1}{1 - \frac{a}{N}} \right]^{-1} \quad (3.4)$$

La probabilité de mise en file d'attente se note C (N, a) et elle est égale à la sommation des p_k

D'où :

$$C(N, a) = \sum_{k=N}^{\infty} \frac{a^k}{N!} N^{N-k} p_0 \quad (3.5)$$

L'expression (3.5) porte le nom de formule d'Erlang-**C [32]**, elle nous permet de calculer la probabilité qu'un appel soit mis en attente après que tous les canaux soient occupés. Cet appel pourra être servi après la libération d'un canal.

2.4.4 SIMULATION DU BLOCAGE ET DE MISE EN ATTENTE

2.4.4.1 DETERMINATION DE PROBABILITES DE BLOCAGE ET DE MISE EN ATTENTE

2.4.4.1.1 LE LOGICIEL ERLANG CALCULATOR ET C-MODELLER

Les différentes probabilités de blocages, nous les déterminons à l'aide des logiciels Erlang calculator et C-modeller, ces deux logiciels nous aide à résoudre les problèmes liés à la performance du réseau, lorsque le réseau n'arrive plus à desservir les usagers, un test sur base de ces logiciels est recommandé. Les éléments suivants en sont la clé d'une bonne maitrise de ce logiciel:

- BHT : le taux d'occupation du canal par heure celui-ci s'exprime en Erlang et peut varier de 0.01 à 180 et qu'on peut aussi estimer en pourcentage en faisant le rapport entre le BHT multiplié par 100 et puis divisé par 180. Dans notre cas les BHT sont connues.
- Temps moyenne d'attente : le temps estimé d'attente d'un appel pour accéder au canal ; dans notre cas il est aussi connu.
- Canaux : pour chaque site nous avons besoins de connaitre le nombre maximum de canaux voix, mis à part les autres canaux tels que canaux réservés aux SMS, appels vidéo, aux différents téléchargements que l'abonné peut faire etc. et dans notre cas aussi le nombre de canaux est connu.
- La durée moyenne (Da) des appels par heure que reçoit un canal donné.

Ainsi donc à l'aide de Erlang-calculator nous pouvons trouvés la probabilité de blocage et de mise en attente. C-modeller nous aidera en fait à faire une simulation graphique.

2.4.4.1.2 SITE 1

Ce site se présente comme données :

Tableau 4.1

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf s(sec)
			Taux	%		
3	12	130	120	67	360	40

Ainsi donc en appliquant Erlang-calculator on obtient la probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué par référence de la formule (3.3) est PB = 2.8%, Et la probabilité de mise en attente (3.5) d'un appel dans ce site est : PA = 8.9%

2.4.4.1.3 SITE 2

Ce site présente comme données :

Tableau 4.2

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf s(sec)
			Taux	%		
3	14	144	135	75	390	45

Ainsi donc la probabilité que lorsqu'un usager appel, est que son appel soit bloqué (3.3) est PB = 3.1%, Et la probabilité de mise en attente (3.5) d'un appel dans ce site est : PA = 12%.

2.4.4.1.4 SITE 3

Ce site a comme données :

Tableau 4.3

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf s(sec)
			Taux	%		
3	12	132	125	68	270	35

Ainsi donc la probabilité de blocage (3.3) est PB = 3.8%, Et la probabilité de mise en attente (3.5) d'un appel dans ce site est : PA = 17.2%.

2.4.4.1.5 SITE 4

Ce site présente comme données :

Tableau 4.4

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf (sec)
			Taux	%		
3	12	126	115	64	240	30

La probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué (3.3) est PB = 2.5%, Et la probabilité de mise en attente (3.5) d'un appel dans ce site est : PA = 5.7%.

2.4.4.1.6 SITE 5

Ce site a comme données :

Tableau 4.5

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf (sec)
			Taux	%		
3	12	123	113	63	200	30

Ainsi donc la probabilité que lorsqu'un usager appel, set que son appel soit bloqué (3.3) est PB = 2.8%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 5.8%.

2.4.4.1.7 SITE 6

Ce site comme données :

Tableau 4.6

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf (sec)
			Taux	%		
3	12	117	105	58	220	30

La probabilité de blocage (4.3) d'un appel pour ce site est PB = 2.1%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 3.4%.

2.4.4.1.8 SITE 7

Ce site présente comme données :

Tableau 4.7

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf (sec)
			Taux	%		
3	12	127	122	68	210	35

Ainsi donc la probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué (4.3) est PB = 4.6%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 23.9%.

2.4.4.1.9 SITE 8

Ce site Présente comme données :

Tableau 4.8

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf (sec)
			Taux	%		
3	12	138	134	74.4	240	40

Ainsi donc la probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué (4.3) est PB = 4.9%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 32.8%.

2.4.4.1.10 SITE 9

Ce site a comme données :

Tableau 4.9

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf(sec)
			Taux	%		
3	12	112	120	67	360	40

La probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué (4.3) est PB = 3.5%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 10.8%.

2.4.4.1.11 SITE 10

Ce site a comme données :

Tableau 4.10

SECTEURS	TRX	CANAUX	BHT		Da (sec)	Tf(sec)
			Taux	%		
3	12	135	120	67	360	40

Ainsi donc la probabilité que lorsqu'un usager appel, son appel soit bloqué (4.3) est PB = 5.3%, Et la probabilité de mise en attente (4.5) d'un appel dans ce site est : PA = 38%.

2.4.4.2 Analyse Du Blocage Et Du Mise En Attente

Le tableau global de probabilités se présente comme suit :

2.4.4.2.1 Tableau Global Des Pb(%) Et Des Pa(%)

Tableau 4.11

N°	SITES	BHT		CANAUX	Tf(sec)	PB(%)	PA(%)
		BHT(Taux)	BHT(%)				
1	1	120	67	136	25	2,8	3,4
2	2	135	75	151	30	3,1	3,4
3	3	125	69,4	141	20	3,8	3,3
4	4	115	64	130	15	2,5	4,5
5	5	113	63	128	15	2,8	3,6
6	6	105	58	120	15	2,1	3,7
7	7	122	68	138	20	4,6	2,3
8	8	134	74,4	150	25	4,9	2,2
9	9	112	62	127	25	3,5	3,9
10	10	132	73,3	148	25	5,3	3,8

Les courbes représentatives se présentent de la sorte :

2.4.4.2.2 Courbe De Sites En Fonction De Bht (Taux) & (%)

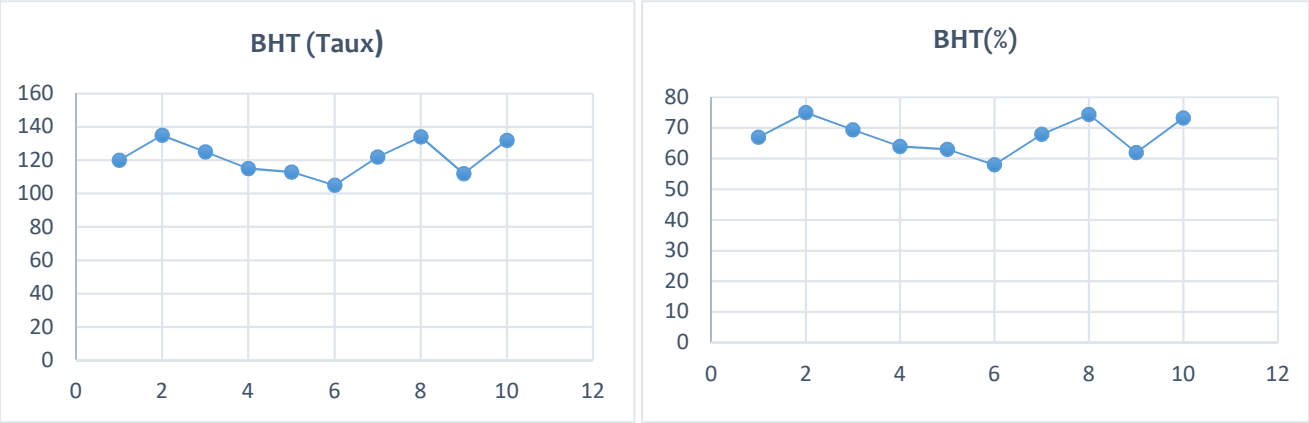


Figure 4.5

2.4.4.2.3 COURBE DE SITES EN FONCTION DE PB (%) & COURBE DE SITES EN FONCTION DE PA (%)

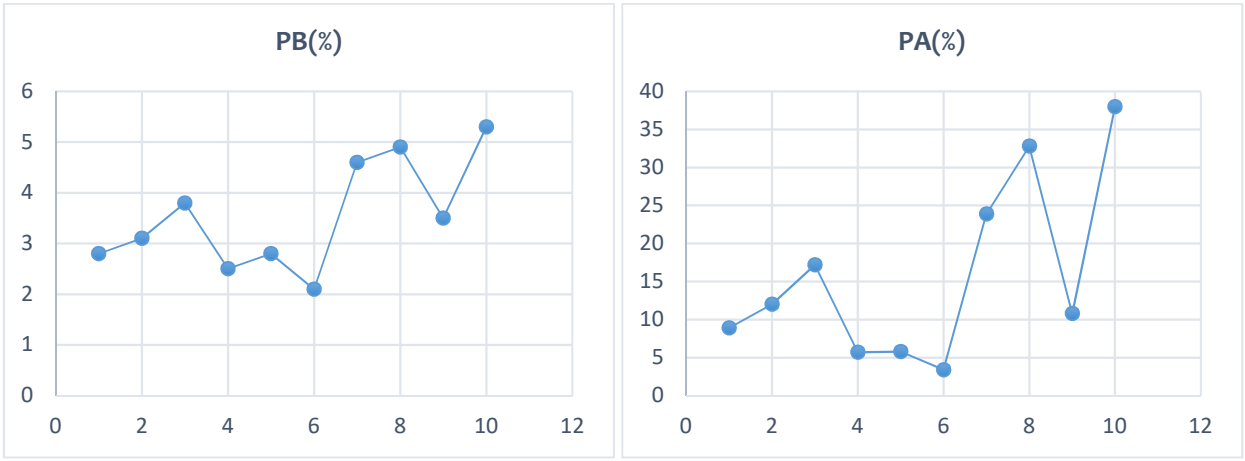


Figure 4.6

2.4.4.2.4 COURBE DE SITES EN FONCTION DE PB(%) ET PA (%)

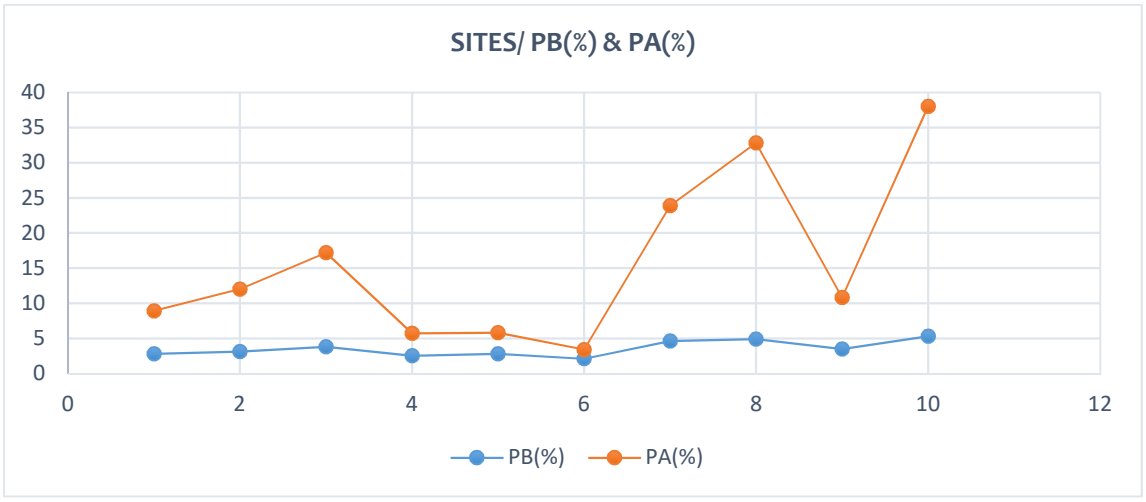


Figure 4.7

2.4.4.2.5 COURBE GENERALE DE SITES EN FONCTION DE TOUS LES PARAMETRES

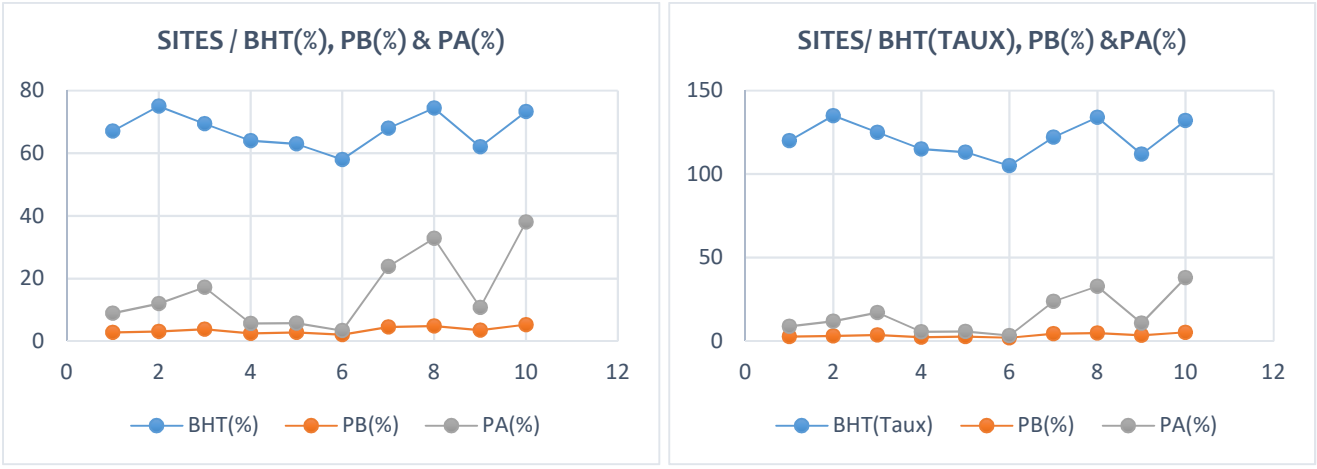


Figure 4.9

2.4.4.2.6 INTERPRETATION DES RESULTATS

- Le site 2 est un site full trafic, ou un site qui reçoit beaucoup d'appels par heures, c'est à 75% que la BTS/NODEB est sollicitée, ceci est dû surtout à sa position géographique, car il se trouve dans un milieu mouvementé, sur la même avenue que le Stade de football ; aussi cette partie de la ville reçoit beaucoup des visiteurs, pour la détente pendant le weekend, il est suivi du site **8** qui est sollicité a 74.4% (voir tableau 4.11) par heures. Le site le moins sollicité avec un pourcentage de 58 % le site 6(tab 4.11).
- Après avoir calculés les probabilités de blocages, nous constatons que le site 10 présente un pourcentage élevé de blocage soit 5.3 % i.e, pour tous les appels que cette BTS/NODE B reçoit par heure en moyenne 5.3 % de ces appels sont perdus. Suivi de celui du site 7 qui a un pourcentage de blocage de 4.6%, site 8 4.1%, site 3 3.8 % et le site 4 2.5 (ceci est dû à une présence d'une fréquence élevé de Handover i.e la mobilité élevé des appels); enfin et le site qui a un pourcentage de blocage le plus faible est le site 6. Confère figure 4.7.
- En ce qui concerne les probabilités de mise en attente nous remarquons que le site 10 a une probabilité de mise en attente élevée soit 38 % ; il est suivi du site 8 qui a une probabilité de 32.8%. Le site qui a une faible probabilité de mise en attente parmi les dix cités ci-haut est le site 6 avec une probabilité de 3.5 % confère tableau 4.11, ou figure 4.9. Le fait que le site 6 aie un faible pourcentage de blocage d'appels et un faible pourcentage de mise en attente, implique que le site est performant car le blocage peut ou ne pas se produire compte tenu du nombre d'appel qui arrive dans la file. Lorsqu'il se produira, un grand nombre d'appels seront mise en attente.

Tous les sites ont cas même un pourcentage de blocage et de mise en attente qui n'est pas négligeable, car si dans un site aujourd'hui par heure on perd 2.1 % quelle sera alors le pourcentage de blocage à la fin de la journée, c'est vrai ça sera un pourcentage non inconsidérable. Donc c'est un nombre important d'appel qu'on perdra à la fin de la journée. Et de même pour la mise en attente c'est ne pas tout le monde qui peut accepter d'attendre pendant un temps données pour avoir accès au réseau.

Le pourcentage de blocage d'appel acceptable dans une entreprise de télécommunication de la place varie entre 0.75% à 2.3%. Proposons donc une solution pour augmenter la performance du réseau dans les différents sites considérés.

2.4.4.3 AMELIORATION DE LA PERFORMANCE

Notre solution consiste à réduire la probabilité de blocage à un seul seuil pour tous les sites, et le temps d'attente alors nous verrons combien des canaux voix pouvons-nous ajouter pour atteindre ce seuil de blocage. Ajouter les canaux voix c'est la solution la moins couteuse qui puisse exister.

Supposons que nous avons comme probabilité de blocage de 1.5 % et le temps d'attente est réduite de 15 secondes; trouvons à l'aide d'Erlang Calculator pour une telle probabilité de blocage, les nombres des canaux et les nouvelles probabilités de mise en attente toute en utilisant le même taux de trafic. On obtient après calculs les résultats ci-dessous :

2.4.4.3.1 TABLEAU AVEC UNE PB(%) FIXEE

Tableau 4.12

N°	SITES	BHT		CANAUX	Tf (sec)	PB(%)	PA(%)
		BHT(Taux)	BHT(%)				
1	1	120	67	136	25	1,5	3,4
2	2	135	75	151	30	1,5	3,4
3	3	125	69,4	141	20	1,5	3,3
4	4	115	64	130	15	1,5	4,5
5	5	113	63	128	15	1,5	3,6
6	6	105	58	120	15	1,5	3,7
7	7	122	68	138	20	1,5	2,3
8	8	134	74,4	150	25	1,5	2,2
9	9	112	62	127	25	1,5	3,9
10	10	132	73,3	148	25	1,5	3,8

2.4.4.3.2 COURBE REPRESENTATIVE DE SITES EN FONCTION PA (%) ET PB (%) FIXEE

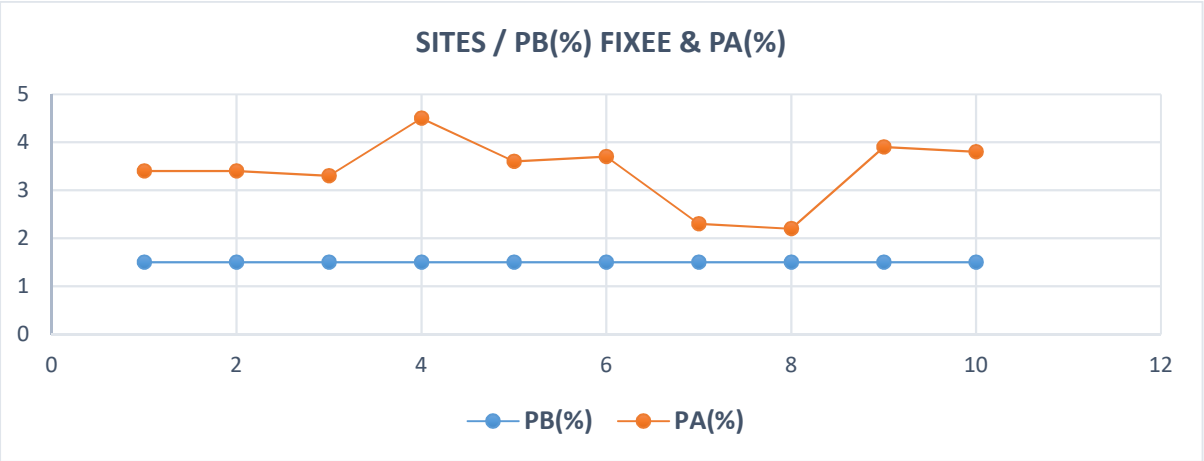


Figure 4.10

2.4.4.3.3 COURBE GENERALE DE SITES AVEC PROBABILITE DE BLOCAGE FIXE

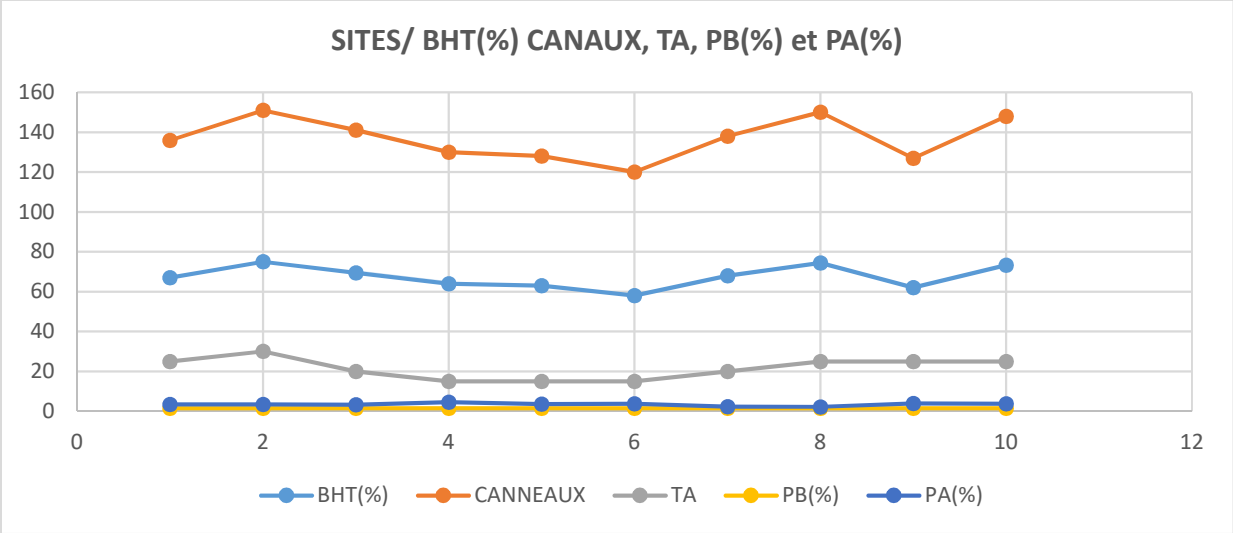


Figure 4.11

2.4.4.3.4 CALCULS ET INTERPRETATION

Apres calcul nous obtenons les résultats suivants :

TABLEAU GENERAL APRES AJOUT DES CANAUX

Tableau 4.13

N°	SITES	BHT		Canaux in	Canaux Ajoutés	Canaux Finaux	Tf. In (sec)	Tf. Fin (sec)	PB(%)	PA(%)
		TAUX	%							
1	1	120	67	130	6	136	40	25	1,5	3,4
2	2	135	75	144	7	151	45	30	1,5	3,4
3	3	125	69,4	132	9	141	35	20	1,5	3,3
4	4	115	64	126	4	130	30	15	1,5	4,5
5	5	113	63	123	5	128	30	15	1,5	3,6
6	6	105	58	117	3	120	30	15	1,5	3,7
7	7	122	68	127	11	138	20	20	1,5	2,3
8	8	134	74,4	138	10	150	40	25	1,5	2,2
9	9	112	62	120	7	127	40	25	1,5	3,9
10	10	132	73,3	135	13	148	40	25	1,5	3,8

Nous aurons les courbes représentatives suivantes :

COURBE REPRESENTATIVE DE SITES EN FONCTION DE CANAUX & SITES EN FONCTION DE PB(%) FIXE, PA(%)

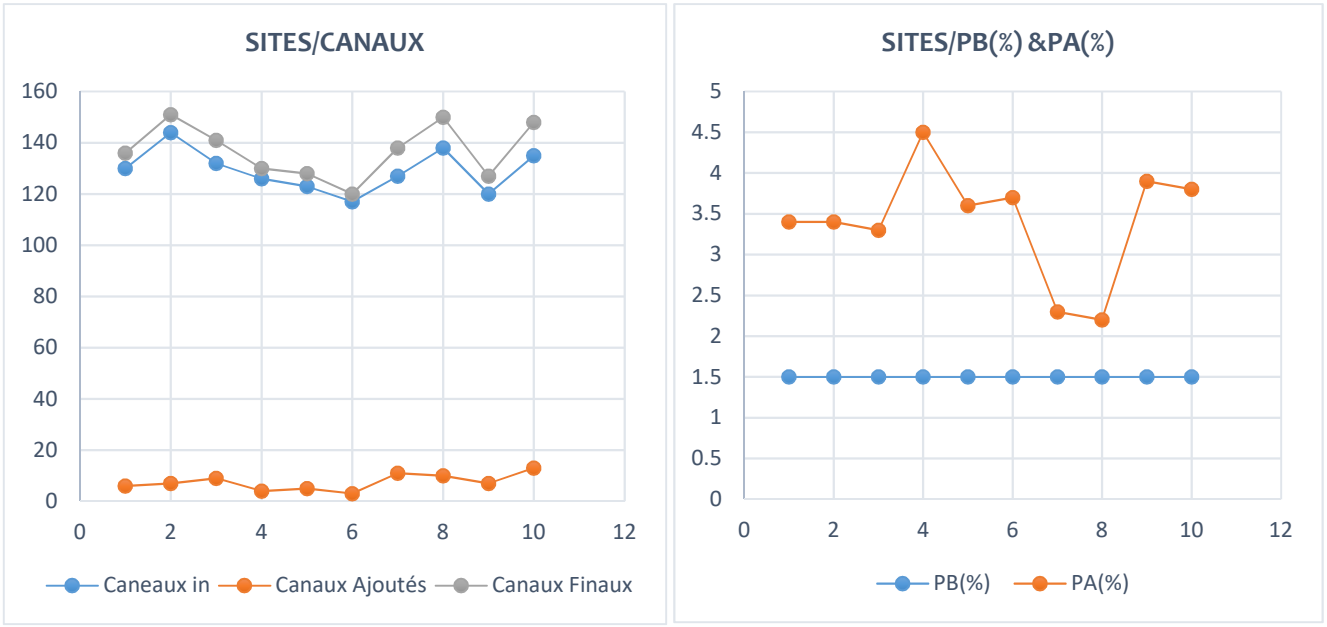


Figure 4.12

COURBE REPRESENTATIVE DE SITES EN FONCTION DE TOUS LES PARAMETRES

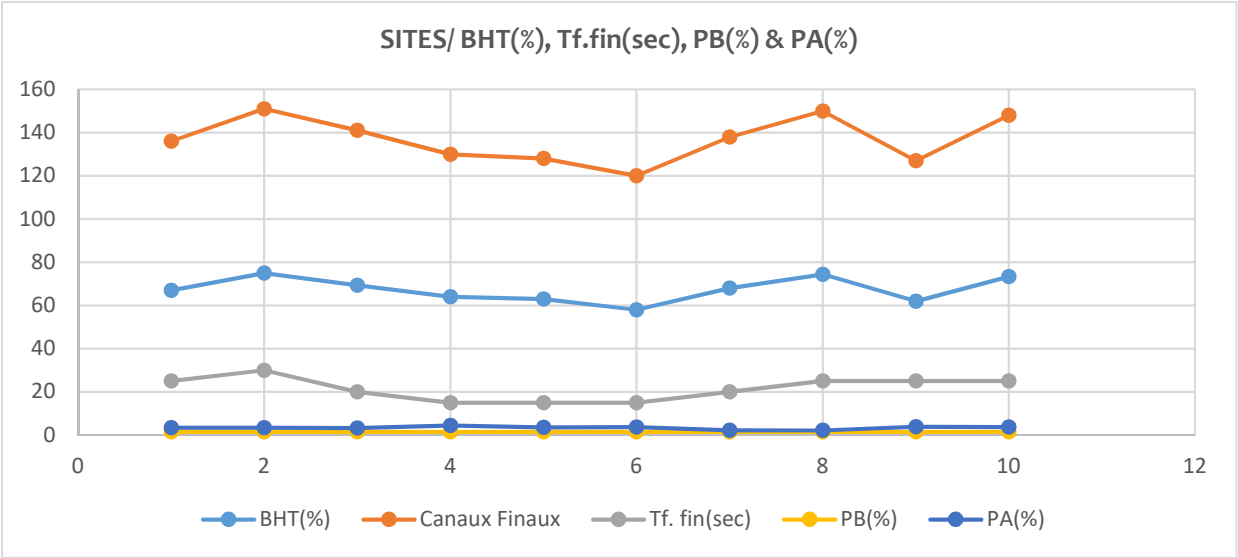


Figure 4.13

INTERPRETATION

La probabilité de blocage étant fixe (Voir tableau 4.13, Figure 4.12 ou Figure 4. 13) et le temps d'attente (Tf (sec)) étant réduite de 15 secondes pour chaque sites, nous aurons après calculs que :

- Le nombre des canaux augmentera tels que pour le site 1, on doit ajouter 6 canaux et alors on aura comme probabilité d'attente 3.4% de même que pour le site 2 qu'il faut ajouter 7 canaux. Pour le site 3 il faudrait ajouter 9 canaux et donc la probabilité d'attente passera de 17.2 % à 3.3 %.
- Pour le site 4 il faudrait ajouter 4 canaux avec une probabilité d'attente de 4.5%. au site 5 on y ajoutera 5 canaux ; au site 6, 3 canaux, au site 7, 11 canaux, au site 8, 10 canaux, au site 9, 7 canaux, et enfin au site 10 on ajoutera 13 canaux.
- Le site qui désormais aura une probabilité d'attente élevé et le site 4 soit 4.5% (cela ne posera pas des problèmes compte tenu du handover que site présente souvent ce site) suivi du site 9 soit 3.9 %, et enfin le site qui présente un pourcentage faible de probabilité de mise en attente est le site 8 soit 2.2 %.
- Le site ou ajoutera un plus grand nombre de canaux et le site 10 soit 13 et la probabilité d'attente passera de 38 % à 3.8 %, il est suivi du site 7 soit 11 canaux et ensuite le site 8 soit 11 canaux, et le site où on ajoutera un petit nombre de canaux c'est le site 6 soit 3 et la probabilité de mise en attente sera de 3.7%.

En tenant compte de cette suggestion nous observons que la probabilité de mise en attente sera réduite, le nombre de canaux augmenteront, dans l'objectif d'asservir un nombre élevé d'abonnés qui sollicitent le service dans le réseau de télécommunication, ceci est l'une de façon, mais la meilleur pour augmenter la performance de la qualité du réseau.

3 CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Comme annoncé à l'introduction, notre article a présenté l'approche stochastique de la congestion (blocage) dans les réseaux 2G à 4G+ avec application et de faire l'analyse de cette congestion, mais pour le faire nous nous sommes intéressées à la BTS/NODE B.

Nous avons modélisé l'arrivée d'appels à la BTS/NODE B., celle-ci suit la loi de poisson avec un taux déterminé tandis que la durée d'appels suit la loi exponentielle négative ; la modélisation du processus de blocage (congestion) nous amène à la formule d'erlang B et la mise en attente nous a conduit à la formule d'erlang C.

Nous avons terminé par la détermination de probabilité de blocage et de mise en attente pour les 10 sites de la ville à l'aide d'erlang calculator et le C-modeler. Enfin vue les résultats nous avons fait une proposition pour améliorer la qualité et la performance et ces résultats ont étés pris en compte pour permettre aux usagers de bien utiliser ce réseau. Mais le blocage

(Congestion) ou l'approche stochastique ne se fait pas seulement au niveau de la BTS/NODE B, même au niveau de la MSC/CNC, voilà ce qui pourra faire l'objet de notre prochain article.

REFERENCES

[1] NASER SAHEB, description d'un processus de poisson, bordeaux. Octobre 2004
[2] M Roussignol et Daniel FLIPO : file d'attente et fiabilité, UST de Lilles 2009
[3] F BIENVENUE DUHEILLE, processus stochastiques, claude bernard Lyon 2010Xerina
[4] Aziz& FERON Nicolas Les réseaux GSM, 3G, UMTS, 4G, GPRS et la télé sur mobile ; liège 2011.
[5] C.DEMOULIN, Marc VAN D. principes de base du fonctionnement du réseau GSM ; institut Montefiore de Liège. 2004
[6] B. Walke. Mobile Radio Networks: networking, protocols and traffic performance. John Wiley & Sons, 2002.
[7] J. Tisal. Le réseau GSM. L'évolution GPRS : une étape vers UMTS. Dunod, troisième édition, 1999
[8] Ruegg, A. (1989). Processus stochastiques, Volume 6 of Méthodes Mathématiques pour l'Ingénieur [Mathematical Methods for the Engineer]. Lausanne : Presses Polytechniques Romandes. Avec applications aux phénomènes d'attente et de fiabilité. [With applications to queueing and reliability].
[9] J. Clément, P. Flajolet, and B. Vallée, Dynamical sources in information theory: A general analysis of trie structures, Algorithmica, 29 (2001), p. 307369.
[10] P. Duchon, N. Hanusse, N. Saheb, and A. Zemmari, Broadcast in the rendezvous model, in STACS, V. Diekert and M. Habib, eds., vol. 2996 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2004, pp. 559–570.
[11] P. Duchon,N. Hanusse, N.Saheb, and A. Zemmari, Broadcast in the rendezvous model, Inf. Comput., 204 (2006), pp. 697–712.
[12] M. Dietzfelbinger, The probability of a rendezvous is minimal in complete graphs, in ISAAC, P. Bose and P. Morin, eds., vol. 2518 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2002, pp. 55–66.
[13] M. Dietzfelbinger and H. Tamaki, On the probability of rendezvous in graphs, Random Struct. Algorithms, 26 (2005), pp. 266–288.
[14] Bouleau, N. Processus stochastiques et applications. Hermann, Paris 1988.
[15] Comets, F. and Meyre, T. Calcul stochastique et modèles de diffusions. Dunod. 2006
[16] Le Gall, J.-F. Mouvement Brownien, Martingales Et Calcul Stochastique 2012.
[17] S. FDIDA, G. PUJOLLE – Modèles de systèmes et de réseaux, tome I – Performance, Eyrolles, Paris, avril 1989.
[18] H. KOBAYASHI, A.C. KONHEIM – Queueing models for computer communications system analysis, IEEE Transactions on Communications, vol. 25, pp. 2-29, 1977.
[19] G. PUJOLLE, S. FDIDA – Modèles de systèmes et de réseaux, tome II – Files d'attente, Eyrolles, Paris, avril 1989.
[20] Belarbi. F and Bouchentouf. A. A. Condition de stabilité d'un réseau de files d'attente à deux stations et N classes de clients. General Mathematics, Vol 18 :85-108, 2010.
[21] Benouaret. Z. Stabilité forte dans les modèles de risque. Thèse de Doctorat, Université A. Mira de Bejaia, 2012.
[22] Baynat, B. Théorie des files d'attente-des chaînes de Markov aux réseaux à forme produit. Paris, Hermès Science Publications, 2000.
[23] Burke. P. J. The output of a queueing system. Operations Research, Vol. 4 :699-704, 1956.
[24] Chabriac. C. Processus stochastiques et modélisation. Université de Toulouse le Mirail, Master 2, Année 2012-2013.
[25] GUEDJALI Mounira. SANA Wissem. Les Réseaux de Files d'Attente à Forme Produit. Mémoire de Master, Université A. MIRA de Béjaia.
[26] Willing. A. A short introduction to queueing theory. Technical University Berlin, Télécommunication Networks Group, 1999.
[27] Dominique SERET, Ahmed MEHAOUA et Neilze DORTA. RESEAUX et TELECOMMUNICATIONS. Cours L3 Université Réné descartes-Paris 5 2005-2006.
[28] G. Baudouin et al., Radiocommunications numériques : Principes, modélisation et simulation, Dunod, Paris, 2002.
[29] S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications, Pearson Prentice Hall, NJ, 2003
[30] T. S. Rappaport, Wireless Communications, Principles and Practice, Second Edition, Prentice Hall PTR, NJ 2002.
[31] Prontère. A. Insensibilité et Bornes Stochastiques dans les réseaux de files d'attente. Phd Thesis, Ecole Polytechnique, Novembre 2003.
[32] Nitto Personé V. De. S. Balsamo and R. Onvural. Analysis of queueing networks with blocking. Kluwer Academic Publishers, 2001.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1022-1037
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

اتجاهات العاملين نحو القيادة المشاركة

[Employees attitudes towards participation leadership]

نهله عبد القيوم عبد الرحمن

جامعة جدة - كلية الاعمال - قسم الموارد البشرية - المملكة العربية السعودية

Nhla Abdalgayoum Abdalrahman

University of Jeddah, College of Business, Department of Human Resource Management, Jeddah, Saudi Arabia

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aimed to measure the attitudes of the employees towards the participation leadership. The application was at Nile Valley University in the Republic of Sudan. The researcher used the descriptive analytical method, relying on the questionnaire as a means of collecting information.
The study deals with the concept of participation leadership and its importance by focusing on the desire of employees to participate as a fundamental variable affecting the success of any leadership method. Leading to a number of results, which is that there are very strong attitudes of the employees towards the application participation leadership? The attitudes of employees and their desire to participate are not affected by their personal and functional characteristics.

KEYWORDS: trends, leadership, participation, level, degree, mechanisms.

ملخص: تهدف هذه الدراسة لقياس اتجاهات العاملين نحو القيادة المشاركة بالتطبيق علي جامعة وادي النيل بجمهورية السودان.استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي مع الاعتماد علي الاستبيان كوسيلة لجمع المعلومات.تناول البحث مفهوم القيادة المشاركه واهميتها بالتركيز علي رغبة العاملين في المشاركة باعتبارهم متغير اساسي يؤثر في نجاح اي اسلوب قيادي.توصلت الدراسة الي عدة نتائج وهي ان هنالك اتجاهات قوية جدا من العاملين نحو تطبيق القيادة المشاركة . لم تتأثر اتجاهات العاملين ورغبتهم في المشاركة بخصائصهم الشخصية والوظيفية .كما تتوفر في بيئة المنظمة محل الدراسة الشروط اللازمة لنجاح تطبيق المشاركه.

كلمات دلالية: اتجاهات، القيادة، المشاركة، المستوى، الدرجة، الآليات.

مشكلة الدراسة:

تدور الدراسة حول التساؤلات التاليه :

1- ماهي اتجاهات العاملين في المنظمة محل الدراسة نحو استخدام نظام القيادة المشاركة؟
2- هل يعتقد العاملون انهم يمتلكون الخبرات والقدرات والمؤهلات المطلوبة لتطبيق المشاركه؟
3- هل توجد علاقة بين المتغيرات الاساسية للعاملين (الشخصية والوظيفيه) واتجاهات العاملين نحو القيادة المشاركة؟

اهداف الدراسة :

1- التعريف بمفهوم وفوائد القيادة المشاركة .
2- قياس اتجاهات العاملين بالمنظمة محل الدراسة نحو تطبيق القيادة المشاركة.
3- اختبار العلاقه بين المتغيرات الشخصية والوظيفيه للعاملين ومستوي اتجاهاتهم نحو القيادة المشاركة.

اهمية الدراسة :

تناولت هذا الموضوع عدة بحوث من جوانب مختلفة، منها بعض الدراسات الأجنبية مثل دراسة " جيمس " ركزت علي أهمية المشاركة ودورها في التنمية[1] ، البعض الأخر مثل دراستي "جون وموديان". ركزا علي فوائدها[2]، تناولت بحوث أخري دور المشاركة في تغيير الهيكل التنظيمي وتطوير التعاون مثل دراسة "هولتزمان"[3]، تناولت دراسات أخرى تأثير المشاركة علي الأداء والرضا الوظيفي مثل دراسة "جون"[4] بينما بعض الدراسات ركزت علي اثر المشاركة علي سلوك العاملين والفعالية المالية كما في دراسة "تونج"[5]، كذلك هناك دراسات أخرى حول صعوبات المشاركة مثل دراسة "روبرت"[6]، فهنالك نتائج لبحوث لا تدعم استخدام المشاركة في كل الحالات مثل دراسة "كوتن"[7].

في الدول العربية هنالك دراسات قليلة تناولت هذا الموضوع مثل دراسة "حسن بن مسفر"[8] التي ركزت علي مفهوم وأنواع المشاركة في إطار نموذج الإدارة بالأهداف، و دراسة "طاهر الكلالدة"[9] وركزت علي اثر المشاركة علي الدوافع وتقييم الأداء أيضا في إطار نموذج الإدارة بالأهداف، هنالك أيضا دراسة "عزيز الدهمي"[1] التي ركزت علي اثر الأساليب القيادية علي استراتيجيات التغيير، أما دراسة "دخيل الله شمدت"[2] فقد تناولت اثر المشاركة علي الأداء والمساهمة في خطة التنمية.

أما في السودان فهنالك أيضا دراسات قليلة في المشاركة مثل دراسة "هادية عبد العظيم"[3] تناولت العلاقة بين المشاركة وتقبل القرارات ورفع الروح المعنوية، ودراسة "محمد خليفة"[4] وركزت علي اثر العمل الجماعي في إعداد الموازنات التخطيطية علي تفعيل وظائف التخطيط والرقابة والاتصال وعلي الرضا الوظيفي، أما دراسة "ادم خميس"[5] فقد ركزت علي معوقات التفويض وأثرها علي الأداء.

ان القيادة هي عملية تأثيرية ثنائية الاتجاه مابين القائد والتابعين لذلك فان نجاح الاسلوب الاداري المستخدم من قبل القادة للتأثير علي سلوك العاملين يتأثر بشكل كبير بمدي رغبة واقتناع العاملين بهذا الاسلوب فعدم القناعة يولد نوع من مقاومة التغييرمن قبل العاملين تؤدي لفشل النظام الجديد اوعلي اقل تقدير عدم قدرته علي تحقيق الاهداف المنشودة بالمستوي المطلوب. وذلك يوضح اهمية هذا البحث فهو يركز علي دراسة وقياس اتجاهات العاملين نحونظام القيادة المشاركة في احدي منظمات التعليم العالي في السودان.وكما هو معروف فان الاتجاهات تؤثر بشكل مباشر علي شخصية الفرد وعلي ادراكه لدوره الوظيفي وكذلك تؤثر علي فهمه لبيئة العمل وانظمتة وبالتالي علي ادائه بشكل عام .

فرضيات الدراسة :

1- لدي العاملين بالمنظمة محل الدراسة اتجاهات قويه وموجبه نحو استخدام القيادة المشاركة.
2- توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين اتجاهات العاملين نحو المشاركة والخصائص الشخصية والوظيفية للعاملين.

---

[1] James Sheehan, NGOs and participatory management styles: a case study of CONCERN Worldwide, Mozambique, 2010

[2] John Fox, Employee Empowerment: An Apprenticeship Model, Barney school of Business University of Hartford, 2008. & Madoyan, The advantages of participative management, Trulaske Business School, 2003.

[3] Holtzman De Garcia, L.N, Participatory management: a case study in a high tech Brazilian plant , Engineering Management Conference, 1993.

[4] John A. Wagner, Participation's Effects on Performance and Satisfaction: A Reconsideration of Research Evidence ,*The Academy of Management,* 1994.&

[5] Tung-Chun Huang, The effect of participative management on organizational performance: the case of Taiwan, The International Journal of Human Resource Management ,Volume, Issue 5, 1997.

[6] Robert Guinn, The Road to Empowerment, C E O Publication University of Michigan, 1999.

[7] Catton J L, Employee Involvement, Sage Publications, 1993.

[8] حسن بن مسفر بن حميد آل فهاد،مشاركة المرؤوسين في صنع القرارات الإدارية في منشآت الأعمال السعودية وأثرها علي الأداء الوظيفي بالتطبيق علي الشركة السعودية للفنادق والمناطق السياحية،رسالة ماجستير،جامعة السودان،2004م.

[9] طاهر محمود خلف الكلالدة، أثر مشاركة العاملين واتخاذ القرارات والدافعية علي الأداء الإداري، رسالة لدكتوراه، جامعة السودان 2007م.

[1] عزيز طارش الدهمي،أثر الأساليب القيادية علي إدارة التغيير بالتطبيق علي شركات المساهمة العامة الأردنية ،رسالة دكتوراه، جامعة وادي النيل، 2007م

[2] دخيل الله تركي شمدت، مشاركة القيادات الإدارية التربوية التدريبية في اتخاذ القرارات وأثرها علي أدائهم في الكليات التقنية في السعودية،رسالة دكتوراه، جامعة السودان،2008.

[3] هادية عبد العظيم سيد أحمد، دراسة المشاركة في اتخاذ القرارات الإدارية وأثرها علي العاملين بمنظمات الأعمال في السودان. دراسة حالة شركة دانفوديو للمقاولات والطرق والجسور،رسالة ماجستير،جامعة السودان،2004م.

[4] محمد خليفة محمد بابكر، أثر العمل الجماعي في إعداد الموازنات التخطيطية علي تحسين مستويات الأداء.دراسة تطبيقية لمنظمات الأعمال،رسالة ماجستير ،2007م.

[5] آدم محمد وادي خميس،أثر تفويض السلطة علي الأداء الإداري،رسالة ماجستير جامعة السودان،2009م.

مقدمة :

تواجه انظمة التعليم العالي العديد من التحديات ناتجة عن وجودها في بيئة معقدة ومتغيرة ولايمكن التصدي لهذه التحديات من خلال الانظمه والاساليب الادارية التقليدية المعتمدة علي الهيكل التنظيمي الرأسي والسلطة المركزية الآمرة الناهية اذ لابد لها من استخدام نماذج واساليب قيادية حديثة تتصف بالمرونه والموضوعية من شأنها الاستفادة من رأس المال البشري الموجود من خلال تفعيل قدراته وخبراته ومهاراته وامكانياته. نظام قيادي تحفيزي يستطيع استثارة دافعية العاملين لزيادة وتجويد الاداء ،يحسن مستوي التعاون والرضاء الوظفي ويقوي ولاء العاملين ويزيد من استقلاليتهم وقدرتهم علي اتخاذ قرارات ابداعية .ويتصف نظام القيادة المشاركة بكل هذه الخواص لذلك لجأت اليه كثير من منظمات التعليم العالي وانتهجته كفلسفة ادارية تحقق لها التميز المؤسسي المنشود.

يقول "أفوليو": "يوجد الكثير من الأسباب الجيدة للتشجيع علي المشاركة في اتخاذ القرار، تعزيز حرية تصرف التابعين، والإدارة الذاتية ليس أقلها. أن مهنتك الوظيفية أن تنمي التابعين الي قادة، أن جودة التابعين الذين تتركهم خلفك هي جزء من ميراثك كقائد"[6].

وقد اتضح في كثير من المشاكل الاجتماعية والنفسانية والسياسية والإدارية أنه كلما زادت الحاجة الي معلومات وآراء أكثر كلما كان القرار الجماعي أفضل من القرار الفردي، وكذلك فإن الأعضاء يقبلون القرارات بحماسة أكثر عندما يشاركون فيها وبالتالي فإن مستوي ارتباط الفرد المنفذ بقرار الجماعة أعلي من مستوي ارتباطه بالقرارات الفردية، كذلك فإن فرص عدم التفاهم وعدم التعاون تقل كثيراً نتيجة للقرارات الجماعية المتخذة[7].

مفهوم القيادة المشاركة :

تعني المشـاركة في مجال تطبيقها الإداري. دعوة المدير لمرؤوسـيه والالتقاء بهم لمناقشـة مشـاكلهم الإدارية التي تواجهه وتحليلها ومحاولة الوصـول الي أفضـل الحلول الممكنة لها، مما يخلق الثقة لديهم لإشراك المدير لهم في وضع الحلول الملائمة للمشاكل الإدارية[8].

ويصور "ديفيد أمري" مفهوم المشاركة بقوله ان المدير يمكنه خلق الجو النفسي الملائم الذي يحفز العاملين علي بذل أقصي جهودهم وتحقيق أعلي مستوي للانتاج كما يمكنه التوفيق بين مصالح العاملين ومصالح التنظيم من خلال توسيع الدور الذي يقوم به المرؤوسون. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق المشاركة التي تتمثل في أخذ المديرالذي يتخذ القرار بالاراء والتوصيات والاقتراحات الفردية والجماعية التي يطرحها المرؤوسين والتي تيسر له بالتالي تحديد الاهداف والمسؤوليات وإتخاذ القرارات الصائبة وتمكنه من تحقيق التكامل بين النشاطات المتعددة لاقسام التنظيم الذي يقوده[1].

تعرف القيادة المشاركة أيضاً بانها" الالتزام العقلي والعاطفي بالعمل الجماعي مما يشجع الموظف علي المساهمة في الاهداف الجماعية وتحمل المسؤولية في تنفيذها"[2]

أما تعريف "عبد الباري دره" فهو "أن المشاركة هي عملية متفق عليها بين الإدارة العليا والعاملين، وتمكن العاملين من التأثير علي القرارات الإدارية وتنجم عنها فوائد ملموسة لهم بشكل خاص وللمؤسسة بشكل عام ومن بين هذه الفوائد ارتفاع الإنتاجية"[3].

وفي مناقشتة لمفهوم القيادة المشتركة يقول" بروس.ج. أفوليو" إذا أردت ترجمه تلك الفلسفة فسيعني ذلك بالنسبة لي الوحدة خلال التنوع فالقيادة المشتركة تعني التأثير غير المتناسب لكل فرد للقيام ببعض الأشياء في أي موضوع في وقت ما"[4].

وفقاً "لجاري ديسلر" تعني القيادة المشاركة "تشجيع الموظفين علي التأثير بنشاط في تطوير وتنفيذ القرارات المؤثرة في وظائفهم"[5].

عرفت القيادة المشاركة بأنها" عبارة عن علاقة متبادلة بين طرفين المنشاة هما الإدارة والعمال بهدف زيادة الإنتاجية بشكل مستمر عن طريق ضمان تأثير القوة العاملة علي القرارات التي تتخذ في المشروع مما يؤدي الي تحقيق التعاون بين العمال والإدارة والتخفيف من حدة الصراع بينهم"[6].

ومن الكتاب أيضاً من عرفها بأنها "حق الإدارة في اختيار من يمثلهم للاشتراك في مرحلتي إعداد واتخاذ القرارات المتعلقة بالوظائف الإدارية والوظائف المتخصصة للمنشأة "[7].

عرف "ديفينز" القيادة المشاركة بأنها" اشتراك عقلي وانفعالي للفرد في موقف جماعي يشجعه علي المشاركة والمساهمة في الأهداف الجماعية، وعليه أن يشترك في المسؤولية عنها".[8].

يري "مايكل أرمسترونج" إن المشاركة تحدث عندما يساهم كل من الادارة والعاملون سوياً في عملية إتخاذ القرار في الامور ذات الاهتمام المشترك، حيث يكون الهدف هو الوصول الي الحلول للمشاكل بصورة تفيد جميع الاطراف المعنية. ولا تعني المشاركة بأي حال أن تتنازل الأطراف عن مصالحها بصورة كاملة. ولكنها تعني أن الاطراف المشاركة تهدف الي تحقيق أهداف لا تتضارب مع مصالح الطرف الآخر والتي يمكن إحداث التكامل بينها إلي درجةٍ ما. والمشاركة لا تتطلب الموافقة

---

(6) بروث.ج. أفوليو، ترجمة عبد الحكم أحمد الخزامي، تنمية القيادة-بناء القوى الحيوية، دار الفجر للنشر والتوزيع ، 2003، ص87.
(7) حمدي فؤاد علي، التنظيم والإدارة الحديثة، دار النهضة العربية، بيروت، 1981م، ص214.
(8) نواف الكنعان، إتخاذ القرارات الإدارية بين النظرية والتطبيق، دار الثقافة للنشر والتوزيع، عمان، 2009م، ص 208.
(1) نفيسة باشري، العلاقات الإنسانية، نهضة الشرق، القاهرة,1986، ص205.
(2)Keith Davis, " Human Behavior at Work, McGraw-Hill, Newyourk 1977, p140
(3) عبد الباري دره، العامل البشري والانتاجية في المؤسسات العامة، ط1، دار الفرقان، عمان، 1982م، ص 105.
(4) بروس ج. افوليو، ص 156.
(5) جاري ديسلر، تعريب:عبد القادر محمد عبد القادر، أساسيات الإدارة المبادي والتطبيقات الحديثة، دار المريخ، الرياض، 1992م، ص549.
(6) فؤاد محمد عبد المنعم، الأسس النظرية والتطبيقية لوظائف إدارة الأفراد، ط1،دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1987م، ص424.
(7) نفيسه باشري،مرجع سابق،ص205.
(8) نفيسه باشري ،مرجع سابق، ص205.

الكاملة والعمياء في جميع الأوقات ولا تستبعد المساومة بالنسبة لبعض الأمور حيث يجد الأطراف بعض المصالح المشتركة اوالمكملة لبعضها ويسعون للوصول الي حلول بالنسبة للمشاكل التي تواجههم[9].

إن الغرض من المشاركة يجب أن يصوب إلي الارتقاء بإوضاع جميع المعنيين بأمر المنشأة من المالكين والمدبرين بالإضافة الي العاملين. ويجب النظر الي المشاركة كوسيلة لتمكين المنشأة من تحقيق أهدافها، طالما أن الفهم السائد هو أن هذه الأهداف تحتوي علي تصرف المنشأة بطريقة مسئولة اجتماعياً تجاه العاملين فيها، بالإضافة إلي تعظيم الأرباح للمالكين.

عليه فإن هدف المشاركة لا يقتصر ببساطة علي إحساس العاملين بالرضا الوظيفي كنتيجة لإشراكهم في اتخاذ القرارات. فالمشاركة يتوقع منها أن تساهم بأكبر من جعل الأفراد يشعرون بالسعادة، حيث يجب تزويد العاملين بالوسائل التي تساعدهم في جعل مصالحهم متناغمة مع مصالح المنشأة التي يعملون فيها حتى يمكن للطرفين تحقيق النجاح. لذا فإنه يجب أن توفر المشاركة الفرص للعاملين للمساهمة في نجاح المنظمة بإشراكهم في عملية اتخاذ القرار وعن طريقه التشاور المشترك، واللجان، الاقتراحات، وحلقات الجودة ...الخ.

ويري "أندوراس وسالم"[10] أن مشاركة العاملين مفهوم واسع يمتد الي أفق واسع من الممارسات، ويقصد به هنا ممارسة المستخدمين للتأثير علي الكيفية التي يتم فيها تنظيم وتنفيذ عملهم. وفي هذا الصدد تتمثل عملية المشاركة كما صنفها العديد من الباحثين في هذا المجال الي عدة عناصر هي :-

1- القوة
2- المعلومات.
3- المعرفة .
4- المكافآت.

طبيعة المشاركة[1]:

إذا كانت المشاركة في أبسط صورة لها هي سماح الإدارة للعمال أو من ينوب عنهم في أن يكون لهم دور في عملية اتخاذ القرارات. فإذا أردنا تفهم طبيعة هذا الدور فهناك ثلاثة أبعاد يجب أن نتناولها وهي:

1- المدي .
2- التأثير.
3- الهيكل.

1/ **المدي:-** تختلف نظم المشاركة طبقاً للمدى أو النطاق الذي يشارك فيه العاملون، هذا المدى قد يكون أقل ما يمكن أو أكبر ما يمكن من حيث الحجم. يكون المدى أقل ما يمكن عندما يشارك العاملين في القرارات المباشرة أو الدنيا فقط، والتي تهمهم مباشرة، بينما يكون المدى أكبر ما يمكن عندما يسمح للعمال للمشاركة في القرارات الإدارية العليا والتي تعتبر فعلاً من سلطة الإدارة وليس العمال. وقد يختلف المدى حسب نوعية القرارات التي تغطيها المشاركة. فالمشاركة قد تكون في القرارات الفنية والمتعلقة بمشاكل العمل ويمكن أن تكون في القرارات التي تغطي النواحي التجارية والاقتصادية علي مستوي المنظمة ككل أي مشاركة في القرارات التشريعية. وبديهي أن المشاركة من النوع الثاني هي أكبر من حيث المدى مقارنة بالنوع الأول.

كما يمكن أن نصنف المشاركة طبقاً للمدى مرتبة كالآتي :-

1- المشاركة في الملكية.
2- المشاركة في الإدارة- المشاركة في العملية الإدارية.
3- المشاركة في شروط العمل والاستخدام.

حيث تعتبر المشاركة في ملكية المنظمة هو أعلي أنواع المشاركة من حيث النطاق والمدي.

2/ **التأثير:-** ونحن هنا نبحث في درجة التأثير التي تتحقق للعاملين علي القرارات الإدارية في المنظمة، وهذا يتراوح بين أن يكون لهم الحق فقط في تلقي المعلومات التي تدور من حولها، وهذا يوضح تأثير شبه كامل للإدارة وليس للعاملين، وعلي النقيض عندما يشترك العمال أو من يمثلهم في اتخاذ القرارات

3/**الهيكل:-** يمكن التمييز بين أنظمة عديدة للمشاركة علي أساس نوعية الهيكل أو البناء الخاص بالمشاركة. أوضح "بلامبيرج" أنه طبقاً للهيكل يمكن ان نجد أقل درجة من المشاركة وهي التعاون بدون مسئولية عن القرارات. وأعلي درجة من المشاركة عندما يكون هنالك تحمل لمسئوليتها.

وهنالك تقسيم آخر طبقاً لمعيار الهيكل الخاص بأنظمة المشاركة وهي:

1- المشاركة المباشرة: ويقصد بها المشاركة الفعلية من جانب العمال أنفسهم في اتخاذ القرارات.
2- المشاركة غير المباشرة: وهي المشاركة عن طريق التمثيل النيابي وإصدار القرارات عن طريق ممثلين وليس عن طريق العمال أنفسهم.

---

(9) آرمسترونج، تعريب عمر أحمد عثمان المقلي، إدارة الأفراد، شركة مطابع السودان للعملة، الخرطوم، 2005م، ص553.
(10) رامي جمال أندوراس، عادل سالم، الإدارة بالثقة والتمكين، مدخل لتطوير المؤسسات، عالم الكتب الحديث، أربد، 2008م، ص45.
(1) مصطفي مصطفي كمال، إدارة الموارد البشرية، الشركة العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، 1994م ، ص420-424.

أشكال المشاركة[2]:

المشاركة يمكن ان تاخذ عدة أشكال وذلك حسب الاتي:

1- المستوي الذي تمارس فيه.
2- درجة المشاركة الفعلية في عملية إتخاذ القرار.
3- الاليات المستخدمة والتي تتفاوت في درجة رسميتها.

1/مستويات المشاركة:-

أن المشاركة يمكن ان تاخذ عدة أشكال في المستويات المختلفة للمنشاة وقد وردت في الادبيات المستويات التالية:

- مستوي الوظيفة.
- مستوي الإدارة.
- مستوي وضع السياسات.
- مستوي الملكية.

2- درجة المشاركة في سلطة اتخاذ القرار:-

يمكن الحديث عن حالتين متطرفتين تتمثل الاولى في ان يتم اتخاذ القرار بصورة كاملة بواسطة الإدارة منفردة وتتمثل الثانية (والتي نادراً ما تحدث) في ان يتم اتخاذ القرار بصورة كاملة بواسطة العاملين منفردين، وبين هذين النقيضين هنالك العديد من المحطات الوسيطة.والمحطة التي يمكن ان تحدث فيها المشاركة في أي مستوي بالمنظمة سوف يعتمد تحديدها علي توجهات وإستعداد وحماس كل من الإدارة والعاملين.

3-آليات المشاركة:-

عند مستوي الوظيفة يجب أن تأخذ المشاركة طابعاً غير رسمي باقصي ما يمكن. ويمكن في هذه الحالة استدعاء مجموعات العاملين اللازمة حسب الحاجة للنظر في مشكلة معينة، وعند المستوي التالي الاعلي قد يكون من الملائم إضفاء المزيد من الرسمية خاصة في المنظمات الكبيرة. وقد يكون المجال متاحاً هنا لاستخدام اللجان التشاورية المشتركة والتي يجب تزويدها بشروط مرجعية يتم اعدادها بدقة وعناية للامور المطلوب مناقشتها.

عند مستوى وضع السياسات يصبح من الصعب تنظيم عملية المشاركة وهذا هو المستوى الذي يكون فيه استعداد الادارة للتنازل عن بعض سلطاتها في ادنى مستوياتة مالم تكن مجبورة بالقانون.كما ان النقابات لا ترغب في ان توضع في موقف تضطر فيه الى دعم قرارات غير مرغوبة لدى العاملين.

يري بعض علماء الادارة انه كلما توفرت الشروط التالية في المرؤسين كلما أمكن للمدير السماح لمرؤوسية بدرجة كبيرة من حرية التصرف[1] .

أ- إزدياد حاجة المرؤوسين الشخصية الي الاستقلال والاعتماد علي النفس .
ب- توفر الاستعداد من جانب المرؤوسين لتحمل مسؤولية اتخاذ القرار.
ج- توفر درجة كافية من القدرة علي تفهم المواقف الغامضة .
د- توفر اهتمام المرؤوسين بالمشكلة التي يواجهونا وشعورهم بأهميتها.
ه- توفر درجة كافية من القدرة والمعرفة الخاصة بمعالجة المشاكل.
و- توفر درجة كبيرة من الفهم اتجاه أهداف المنشاة .
ز- توقع العاملين مشاركتهم في عملية اتخاذ القرار .

يري "vann" ان الأخذ بالنمط التشاركي يتطلب وجود الشروط الآتية:[2]

1- وجود درجة عاليه من الثقة المتبادلة بين العاملين من جهه وبين العاملين والادارة من جهه ثانية.
2- عاملين لديهم رغبه ومؤهلات تؤهلهم للوقوف بجانب الادارة في رسم السياسات واتخاذ القرارات.
3- مستوي عالي من القناعة بمفهوم القيادة التشاركية وصناعة القرار علي اساس تعاوني.

تركز هذه الدراسة علي قياس اتجاهات العاملين و مدي رغبتهم في العمل مع قائد مشارك باعتبارها من المحددات او الشروط المهمه لتطبيق نظام لمشاركة في الادارة .

منهجية الدراسة واجراءاتها:

لاجراء هذه الدراسة تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي وتم جمع المعلومات بالاعتماد علي المصادر الثانوية من كتب ومراجع ومنشورات...الخ وتم استخدام الاستبيان كأداة لجمع المعلومات من مصادرها الاوليه وصممالاستبيان وفق مقياس ليكرت الخماسي. تمثل مجتمع الدراسة في العاملين بجامعة وادي النيل والبالغ

---

[2] مايكل أرمسترونج، مرجع سابق، ص 556-558.
[1] إبراهيم الغمري، السلوك الإنساني والإدارة الحديثة، دار الجامعات المصرية، الإسكندرية، (ب،ت)، ص 286.
[2] Vann Allan – Shared Decision Making- Making- Effective Leadership – 1992 – Principal No 12 pp-pp 30-31.

عددهم 929 عامل في كليات وادارات الجامعة المختلفة. تم اختيار عينة طبقية تناسبية بلغ حجمها273 مفردة عند مستوى معنوية 5% ومستوى ثقة 95%.أي ما يمثل حوالي 29% من حجم المجتمع الكلي.

ثبات الأداة :

للتحقق من ثبات الأداة استخدم الباحث معامل كروبناخ ألفا علي العينة الاختبارية والتي بلغ حجمها (21) مفردة، ومنها أتضح أن معامل كرونباخ ألفا يساوي (0.75)، في الاختبار الاول و(79.) في الاختبار الثاني مما يدل على ثبات الأداة، إذ أن ثبات الأداة يكون بين (0-1)، وكلما اقتربت قيمة ألفا كرونباخ من الواحد الصحيح، كلما ارتفع ثبات الأداة.

جدول رقم(1) معيارية مقياس ليكرت للفئات والأوزان وقوة الاتجاه

طول الفئة	العبارة	تقدير الاتجاه	التقدير المعتمد في الدراسة
1.79-1	اوافق بشدة	اتجاه موجب جدا	موجب مقبول
2.59-1.80	اوافق	اتجاه موجب	
3.39-2.60	محايد	اتجاه محايد	اتجاه محايد
4.19-3.40	لا اوافق	اتجاه سالب	اتجاه سالب غير مقبول
5-4.20	لا اوافق بشدة	اتجاه سالب جدا	

المصدر: إعداد الباحث.

الأساليب المستخدمة في التحليل:

استخدم الباحث المعالم الاحصائية التالية في عرض وتحليل البيانات:-

1- النسب المئوية والرسوم البيانية.
2- مقاييس النزعة المركزية (المتوسط الحسابي).
3- التوزيعات الاحتمالية (الجداول التقاطعية).
4- اختبار استقلالية الصفات (مربع كاي).

عرض وتحليل البيانات :

البيانات الاساسية:

جدول رقم(2) توزيع عينة الدراسة حسب النوع

		Frequency	Percent
Valid	Male	191	70.0
	Female	82	30.0
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

جدول رقم(3) توزيع عينة الدراسة حسب العمر

		Frequency	Percent
Valid	>20	1	.4
	20-30	26	9.5
	31-40	121	44.3
	41-60	125	45.8
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

جدول رقم(4) توزيع عينة الدراسة حسب المؤهل العلمي

	Frequency	Percent
دون الثانوي	24	8.8
الثانوي	50	18.3
جامعى	73	26.7
فوق الجامعى	126	46.2
المجموع	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

جدول رقم(5) توزيع عينة الدراسة حسب الوظيفة

الوظيفة	Frequency	Percent
الوكيل	1	.4
عميد كلية	12	4.4
نائب عميد	4	1.5
مدير وحدة	3	1.1
مدير مركز	1	.4
مدير إدارة	7	2.6
رئيس قسم في كلية	22	8.1
مسجل كلية	9	3.3
سكرتير أكاديمي في كلية	7	2.6
عضو هيئة تدريس بدون أعباء إدارية	41	15.0
رئيس قسم في إدارة	15	5.5
موظف	71	26.0
تقني	23	8.4
عامل	57	20.9
Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

جدول رقم(6) توزيع عينة الدراسة حسب مدة الخدمة داخل الجامعة

		Frequency	Percent
Valid	less than 5yrs	26	9.5
	5-10	91	33.3
	11-20	119	43.6
	more than 20	37	13.6
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

اتجاهات العاملين نحو المشاركة:

جدول رقم(7) رغبة العاملين في مراقبة أنفسهم

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	218	79.9
	Agree	45	16.5
	Neutral	2	.7
	i do not agree	7	2.6
	strongly disagree	1	.4
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(7) أن نسبة 96.40% من عينة الدراسة يوافقون ويوافقون بشدة على رغبة العاملين في مراقبة أنفسهم مراقبة ذاتية على أن يراقبوا رقابة رئاسية، بينما كان هنالك نسبة ضئيلة جدا وهي 3.0% يميلون إلى الرقابة الرئاسية المباشرة ، إن الهدف من العملية الرقابية هو اكتشاف الأخطاء والانحرافات والعمل على تصحيحها فإذا كان غالبية العاملين يميلون للرقابة الذاتية فان ذلك مؤشر على أن لديهم حس عال من المسؤولية تجاه العمل يجعلهم يحرصون على معرفة الأخطاء وتصحيحها وبالتالي تجويد العمل ويعتبر هذا من المؤشرات التي تساعد على إدخال نظام إدارة الجودة الشاملة إذ يعتمد هذا النظام علي الرقابة الذاتية السابقة وتقليل الأخطاء بقدر الإمكان. وكما ذكرنا سابقا فان الجودة الشاملة هي نموذج للقيادة المشاركة.

جدول رقم(8) رغبة العاملين في تغيير وتطوير العمل

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	118	43.2
	Agree	109	39.9
	neutral	24	8.8
	i do not agree	19	7.0
	strongly disagree	3	1.1
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميداني

من الجدول رقم(8) نجد أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة علي أن للعاملين رغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم قد بلغت83.1%. بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 8.1%. أن رغبة معظم العاملين في التغيير والتطوير سواء كان في الأساليب المستخدمة في العمل أو الهياكل التنظيمية أو أنماط سلوكهم، أو تغيير التكنولوجيا المستخدمة، يعكس كل ذلك ارتباط العاملين بالمؤسسة وبالتالي رغبتهم في تحقيق أهدافها من خلال إدارة مشاركة وتعاونية.

جدول رقم(9) ميل العاملين لحل مشكلات العمل بشكل جماعي

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	200	73.3
	Agree	59	21.6
	Neutral	9	3.3
	i do not agree	5	1.8
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(9) أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة علي أن حل مشكلات العمل يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي بلغت94.1%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون5.1%. وهذه النسبة العالية من الموافقة توضح أن العاملين لديهم ميل للعمل الجماعي وكذلك توضح اعتقاد العملين في أن تبادل الآراء فيما بينهم يوفر معلومات أكثر تساعدهم في تحديد المشاكل التي يواجهونها بشكل دقيق كما يساعدهم علي توفير أفضل البدائل الممكنة لحل هذه المشكلات.

جدول رقم(10) دافعية العاملين للمشاركة

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	103	37.7
	agree	121	44.3
	netural	30	11.0
	i do not agree	17	6.2
	strongly disagree	2	.7
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(10)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن للعاملين دافعية قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم وإداراتهم قد بلغت 82%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 6.9%. من المعروف أن تحقيق المنظمة لأهدافها يعتمد على كفاءة أداء العاملين والذي يعتمد بدوره على درجة دافعيتهم وحماسهم للعمل. إذن توضح هذه النسب أن لدى العاملين بالمؤسسة استعداد داخلي قوي وواضح للمشاركة في تحقيق الأهداف العامة من خلال تحقيق الأهداف الفرعية للأقسام والإدارات.

جدول رقم(11) تفضيل العاملين للتفاوض مع الإدارة على الصراع

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	171	62.6
	agree	69	25.3
	neutral	14	5.1
	i do nto agree	15	5.5
	strongly disagree	4	1.5
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(11) ، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن من الأفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف معها قد بلغت 87.9%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 7%. يوضح ذلك إدراك العاملين أن التفاعلات الاجتماعية داخل المؤسسة تخلق مجالات للاختلاف بينهم وبين الإدارة، وهم لا يفضلون الصراع كوسيلة لحل المشاكل وتحقيق الأهداف المتعلقة بالعمل، بل يميلون إلى اختيار أسلوب التفاوض لمواجهة التحديات المختلفة. فهو يتيح فرصة للعمل المشترك بين الطرفين. وذلك يتطلب النقاش وتبادل الآراء، ومن ثم اتفاق العاملين فيما بينهم أولاً ثم اختيار من يمثلهم كمفاوض أمام الإدارة. وبالتالي التفاوض يعمل على إشراك العاملين في القرارات المتعلقة بالعمل بما يساهم في التغلب على العقبات ومناقشة الخيارات مع الإدارة من أجل الوصول إلى اتفاق وحلول مقبولة من الطرفين أو على أقل تقدير معرفة ما يرغب فيه الطرف الآخر ومحاولة توفيره.

جدول رقم(12) مدى توفر الخبرات والمعارف والمهارات التي تمكن العاملين من المشاركة

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	64	23.4
	agree	118	43.2
	neutral	51	18.7
	i do not agree	33	12.1
	strongly disagree	7	2.6
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**12**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن لدى العاملين بالمؤسسة الخبرات والمهارات والمعارف الكافية والتي تمكنهم من المشاركة الفاعلة قد بلغت 66.6%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 14.7%. يقوم مفهوم المشاركة على مناقشة المدير للعاملين في مشاكلهم المختلفة والأخذ بآرائهم ومقترحاتهم من أجل الوصول إلى أفضل الحلول الممكنة. ويتضح من النسب أعلاه أن العاملين بالمؤسسة لديهم ثقة كبيرة في امتلاكهم الإمكانيات والقدرات التي تؤهلهم للإدلاء بآراء سليمة تساعد في اتخاذ القرار. ويتأكد ذلك بالرجوع للبيانات الأساسية للمبحوثين إذ نجد أن نسبة 72.9% من المبحوثين كانوا من حملة الشهادات الجامعية ، وكذلك نجد نسبة 57.2% من العينة لديهم خبرة أكثر من 11 سنة داخل الجامعة.

جدول رقم(13) ميل العاملين للاستشارة من أجل حل مشاكل العمل

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	184	67.4
	agree	83	30.4
	netural	4	1.5
	i do not agree	2	.7
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**13**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أنهم يلجئون إلى استشارة الرئيس المباشر أو زملائهم عندما تواجههم مشاكل في العمل قد بلغت 97.8%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 7%، ومن الملاحظ أنها نسبة ضئيلة جداً من جملة المبحوثين. إذن اتفق السواد الأعظم من المبحوثين على أن أسلوب الاستشارة هو الأفضل، إذ يساعد في التعرف على آراء مختلفة في موضوع القرار، وذلك يعكس ثقة العاملين في بعضهم البعض، وبذا يكون القرار قد اتخذ في انسب المستويات، وهذه النسبة العالية من الموافقة تعتبر مؤشر إلى إيمان العاملين بالمشاركة كقيمة تنظيمية يمكن أن تشكل أساس للثقافة التنظيمية الخاصة بالمؤسسة.

جدول رقم(14) رغبة العاملين في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	174	63.7
	agree	85	31.1
	neutral	8	2.9
	i do not agree	6	2.2
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(14)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن لديهم الرغبة في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة قد بلغت 94.8%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون 2.2%. نستنتج من ذلك أن العاملين بالمؤسسة مهيئين لتقبل التغيير سواء أن كانت فكرة التغيير صادرة منهم أو من الإدارة، ويعتبر ذلك من الأساسيات أو المتطلبات الضرورية لإدخال نظام مشاركة العاملين، إذ أن المشاركة تشتمل على تغيير سلوك العامل في أدائه لأعماله أو تغيير للعمليات والتكنولوجيا التي يتم بواسطتها إنجاز العمل.

جدول رقم(15) مدى تفضيل العاملين لانفراد الإدارة بعملية اتخاذ القرار

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	183	67.0
	agree	59	21.6
	neutral	13	4.8
	i do not agree	11	4.0
	strongly disagree	7	2.6
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميداني

يتضح من الجدول رقم(**15**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن من الأفضل أن تنفرد الإدارة وحدها باتخاذ القرارات قد بلغت 88.6%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 2.6%. وفي ذلك دلالة على أن غالبية العاملين لديهم رغبة في مشاركة الإدارة في اتخاذ القرارات في المجالات المختلفة، إذ أن عملية اتخاذ القرار تتداخل مع بقية وظائف الإدارة من تخطيط وتنظيم وتوجيه ورقابة. فإذا ربطنا ذلك مع طريقة اختيار عينة الدراسة وهي عينة طبقية تناسبية فسنجد أن هنالك ممثلين لكل العاملين في مختلف الوظائف والمستويات الإدارية داخل العينة. وذلك يعني أن العاملين يرغبون في المشاركة مهما كانت طبيعة عملهم أو درجتهم الوظيفية.

جدول رقم(16) رفض العاملين لأسلوب الإجبار

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	88	32.2
	agree	69	25.3
	neutral	40	14.7
	i do not agree	60	22.0
	strongly disagree	16	5.9
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**16**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن باستطاعتهم عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجبارهم عليها قد بلغت 57.5%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 27.9%. يتضح من النسب أعلاه أن العاملين لا يرغبون أن يستخدم معهم الأسلوب الأوتوقراطي المتسلط، بل يفضلون أسلوب التشاور والإقناع

جدول رقم(17) رغبة العاملين في الاستفادة من□برات الآ□رين

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	221	81.0
	agree	49	17.9
	natural	3	1.1
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**17**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن لدى العاملين رغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين قد بلغت 98.9%، من الملاحظ أنه لا يوجد من بين المبحوثين من يرفض فكرة الاستفادة من خبرات الآخرين، وفي ذلك شبه إجماع على أن العاملين يتعاملون مع بعضهم البعض كنظام مفتوح بحيث يؤثر كل منهم على الآخر ويتأثر به. ويعد ذلك من المتطلبات الضرورية لتقبل التغيير إيّاً كان نوعه. فالمنظمة ما هي إلا كيان يضم وظائف وتخصصات مختلفة يشترط فيها التعاون والتكامل مع بعضها حتى تؤدي مهمتها وتحقق الغرض أو الهدف الذي أنشئت من أجله. وبالتالي إذا سادت روح الصراع والانعزالية فسوف يؤثر ذلك سلباً على الأداء الكلي للمنظمة.

جدول رقم(18) استعداد العاملين لسماع آراء الآ□رين المتعلقة بالعمل

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	203	74.4
	agree	60	22.0
	neutral	9	3.3
	strongly disagree	1	.4
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**18**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على استعدادهم للاستماع لآراء زملائهم أو رؤسائهم فيما يتعلق بالعمل قد بلغت 96.4%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون بشدة 4.0%. وتتوافق هذه الإجابات مع بيانات الجدول السابق رقم(**17**)، إذ أن رغبة العمل في الاستفادة من خبرات الآخرين يتطلب استعداده لتقبل الآراء المختلفة سواء أن كانت تتماشى مع رأيه أو تتعارض معه مادامت ستخدم مصلحة العمل، ومهما بلغت خبرة الفرد فهو في حوجة للآخرين لكي يتطور وهو ما تم ملاحظته في نموذج الإدارة اليابانية الذي يقوم على مبدأ المشاركة والعمومية بحيث يستشير العامل رؤسائه وزملائه ويستفيد من آرائهم في الوصول للقرار. وكذلك يتم تنقله من وظيفة لأخرى بحيث لا يركز على تخصص واحد فقط طوال عمره الوظيفي بل يكون ملماً بمعلومات وافيه عن عدة تخصصات تجعله ينظر للأحداث أو المشاكل رؤية شاملة تساعده في اتخاذ القرار السليم.

جدول رقم(19) رغبة العاملين في توضيح مشاكل العمل للإدارة

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	169	61.9
	Agree	78	28.6
	Neutral	23	8.4
	i do not agree	2	.7
	strongly disagree	1	.4
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**19**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن لديهم رغبة في توضيح مشاكل العمل للإدارة قد بلغت 90.5%، بينما بلغت نسبة الذين لا يوافقون ولا يوافقون بشدة 1.1%. نستنتج من ذلك أن العاملين بالمؤسسة يدركون أن كثير من مشاكل العمل تظهر أثناء تنفيذهم للأعمال، سواء أن كانت هذه المشاكل متعلقة بالعمليات أو القواعد أو القواعد والإجراءات أو أنظمة الاتصال أو الهيكل أو السياسات...الخ. وبعد الإدارة عن مواقع التنفيذ يجعلها غير ملمة بهذه المشاكل، مما يؤدي إلى تراكمها وتعقيدها يوماً بعد يوم. فتصبح إمكانية حلها أصعب وبالتأكيد سيؤثر ذلك على الأداء داخل الأقسام المختلفة خاصة في حالة ارتباطها ببعضها البعض. إذن فالعاملين هم أدرى بطبيعة العمل وأدرى بنوعية المشاكل التي تعترضهم وبالتالي هم الأقرب والأدرى بكيفية حل هذه المشاكل.

جدول رقم(20) رغبة العاملين في توثيق علاقاتهم

		Frequency	Percent
Valid	strongly agree	216	79.1
	Agree	51	18.7
	Neutral	6	2.2
	Total	273	100.0

المصدر: الدراسة الميدانية

يتضح من الجدول رقم(**20**)، أن نسبة الذين يوافقون ويوافقون بشدة من عينة الدراسة على أن لديهم رغبة في توثيق علاقاتهم ببقية العاملين قد بلغت 97.8%، من الملاحظ في عينة الدراسة عدم وجود من يرفض إنشاء علاقة بالآخرين. إن رغبة العاملين في تبادل علاقات طيبة وقوية يساعد في خلق بيئة عمل يسودها المودة والتفاهم والاحترام المتبادل مما يزيد من معدل الرضا الوظيفي الذي قد يؤثر إيجاباً على إنتاجية العامل.

تبار الفرضيات :

الفرضية الاولى: لدي العاملين بالمنظمة محل الدراسة اتجاهات قويه وموجبه نحو استخدام القيادة المشاركة.

جدول رقم (21) المتوسطات الحسابية لقياس اتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	المتوسط الحسابي
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	1.2711
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	1.8278
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	1.3370
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	1.8791
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	1.5788
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	2.2711
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	1.3553
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	1.4359
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	1.5348
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	2.4396
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	1.2015
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	1.3004
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	1.4908
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	1.2308
المتوسط العام	**1.58**

يتضح من الجدول أعلاه رقم (**21**)، والمتعلق بقياس اتجاهات العاملين نحو المشاركة أن لدى العاملين اتجاهات قوية وايجابية نحو المشاركة، اذ بلغ المتوسط العام (1.58) هذا يعني حسب مقياس ليكرت "اتجاه قوي جدا" ومرغوب من العاملين في المشاركة وهذا يثبت صحة الفرضية الاولي.

الفرضية الثانية: توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين اتجاهات العاملين نحو المشاركة والخصائص الشخصية والوظيفية للعاملين.

لاختبار العلاقة بين المتغيرات الشخصية والوظيفية واتجاهات العاملين ورغبتهم في المشاركة تم استخدام الجداول التقاطعية(**Cross Tab**) واختبار كا^{2}ي(**Chi-Square Tests**)، والمتغيرات التي تم اختبارها هي : (النوع- العمر- المؤهل العلمي- الوظيفة- مدة الخدمة)، وقد كانت النتيجة كالآتي:

جدول رقم(22) العلاقة بين النوع واتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	كا^{2}ي المحسوبة
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	0.671
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	0.582
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	0.367
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	0.414
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	0.010
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	0.609
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	0.386
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	0.425
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	0.278
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	0.448
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	0.057
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	0.022
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	0.305
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	0.066

يتضح من الجدول رقم(**22**)، تم قياس عبارات المحور الأول بالنسبة للمتغير الأساسي وهو النوع عند مستوى المعنوية (0.05)، فوجد أن قيمة كا^{2}ي المحسوبة كانت أعلى من مستوى المعنوية لعدد(12) عبارة، وأقل من مستوى المعنوية لعبارتين، هذا يعني أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية واضحة بين النوع واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

جدول رقم(23) العلاقة بين العمر واتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	كا^{2}ي المحسوبة
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	0.302
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	0.490
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	0.000
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	0.802
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	0.014
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	0.930
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	0.491
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	0.000
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	0.821
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	0.772
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	0.130
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	0.045
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	0.007
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	0.078

يتضح من الجدول رقم(**23**)، تم قياس عبارات المحور الأول بالنسبة للمتغير الأساسي وهو العمر عند مستوى المعنوية (0.05)، فوجد أن قيمة كا^{2}ي المحسوبة كانت أعلى من مستوى المعنوية لعدد(9) عبارات، وأقل من مستوى المعنوية لعدد(5) عبارة، هذا يعني أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية واضحة بين العمر واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

جدول رقم(24) العلاقة بين المؤهل العلمي واتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	كا²ي المحسوبة
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	0.080
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	0.107
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	0.435
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	0.074
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	0.479
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	0.001
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	0.861
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	0.046
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	0.071
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	0.057
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	0.016
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	0.078
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	0.804
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	0.639

يتضح من الجدول رقم(**24**)، تم قياس عبارات المحور الأول بالنسبة للمتغير الأساسي وهو المؤهل العلمي عند مستوى المعنوية (0.05)، فوجد أن قيمة كا²ي المحسوبة كانت أعلى من مستوى المعنوية لعدد(11) عبارة، وأقل من مستوى المعنوية لعدد(3) عبارة، هذا يعني أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية واضحة بين المؤهل العلمي واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

جدول رقم(25) العلاقة بين الوظيفة واتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	كا²ي المحسوبة
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	0.014
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	0.218
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	0.499
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	0.413
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	0.990
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	0.679
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	0.882
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	0.239
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	0.741
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	0.254
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	0.680
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	0.507
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	0.470
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	0.723

يتضح من الجدول رقم(**25**)، تم قياس عبارات المحور الأول بالنسبة للمتغير الأساسي وهو الوظيفة عند مستوى المعنوية (0.05)، فوجد أن قيمة كا²ي المحسوبة كانت أعلى من مستوى المعنوية لعدد(13) عبارة، وأقل من مستوى المعنوية لعدد(1) عبارة، هذا يعني أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية واضحة بين الوظيفة واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

جدول رقم(26) العلاقة بين مدة الخدمة واتجاهات العاملين نحو المشاركة

العبارة	كا²ي المحسوبة
أفضل أن أراقب نفسي على أن يراقبني رئيسي	0.942
لدى معظم العاملين الرغبة في تغيير وتطوير العمل في أقسامهم/إداراتهم	0.032
حل مشكلات العمل في الأقسام/الإدارات يتطلب الرأي الجماعي وليس الفردي	0.412
لدى العاملين دوافع قوية للمشاركة في تحقيق أهداف وخطط أقسامهم/إداراتهم	0.418
أفضل التفاوض مع الإدارة في تنفيذ العمل على الصراع والاختلاف	0.137
لدى العاملين الخبرات والمعارف والمهارات الكافية التي تمكنهم من المشاركة الفاعلة	0.035
عندما تواجهني مشكلة في العمل استشير رئيسي المباشر أو زملائي في العمل	0.826
أرغب في استخدام طرق وأساليب عمل جديدة	0.664
لا أفضل أن تقوم الإدارة وحدها باتخاذ القرارات	0.666
أستطيع عدم تنفيذ الأوامر والتوجيهات إذا تم إجباري عليها	0.274
لدي الرغبة في الاستفادة من خبرات الآخرين	0.934
لدي الاستعداد الكافي لسماع آراء الآخرين المتعلقة بالعمل	0.637
لدي الرغبة في توضيح مشاكل العمل الفعلية في الإدارة	0.852
لدي رغبة في توثيق علاقتي ببقية العاملين	0.727

يتضح من الجدول رقم (**26**)، تم قياس عبارات المحور الأول بالنسبة للمتغير الأساسي وهو مدة الخدمة عند مستوى المعنوية (0.05)، فوجد أن قيمة كا²ي المحسوبة كانت أعلى من مستوى المعنوية لعدد(12) عبارة، وأقل من مستوى المعنوية لعدد(2) عبارة، هذا يعني أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية واضحة بين مدة الخدمة واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

من الجداول السابقة رقم(**22) (23) (24) (25)** رقم (**26**) يتضح أن رغبة العاملين في المشاركة لم تتأثر بالمتغيرات الأساسية، إذ كانت قيمة كا2ي المحسوبة لمعظم العبارات أعلى من مستوى المعنوية (0.05)، وهذا يشير لعدم صحة الفرضية الثانية**.**

النتائج :

1- رغم اختلاف العاملين بالمؤسسة من حيث العمر والخبرة والمؤهل العلمي والوظيفة الا انهم يتفقون علي وجود اتجاهات قوية جدا نحو تطبيق القيادة المشاركة.
2- لم تتأثر اتجاهات العاملين ورغبتهم في المشاركة بخصائصهم الشخصية والوظيفية .
3- تتوفر في بيئة المنظمة محل الدراسة الشروط اللازمة لنجاح تطبيق المشاركه متمثلة في:

– ارتفاع المستوي التعليمي للعاملين اذ ان نسبة 72.9% من المبحوثين هم الذين تلقوا تعليماً جامعياً وفوق الجامعي.
– ارتفاع مستوي خبرة العاملين فهنالك نسبة 57.2% من الحجم الكلي للعينه لديهم خبر أكثر من11 سنة وهي تعتبر مدة خدمة طويلة كفيلة بجعل المبحوث يمتلك معلومات وافية عن طرق وأساليب واجراءات العمل داخل المؤسسة تمكنه من ابداء رأية والمساعدة في حل المشاكل واتخاذ القرارات.
– نسبة 96.40% من عينة الدراسة يميلون للرقابة الذاتية وهذا يشير لاحساس كبير من قبلهم بالمسئولية تجاه وظائفهم.
– 83.1% يرغبون في التطوير والتجديد واستخدام طرق واساليب عمل جديدة وهذا يقلل من مقاومة العاملين للتغيير التنظيمي .
– ميل العاملين للعمل الجماعي وتقوية العلاقات الانسانية والمشاورة والاستماع لاراء ونصائح زملائهم ورؤساهم فيما يتعلق بالعمل وكيفية مواجهة مشاكلة وهو اساس المشاركه في الادارة .
– اتجاه العاملين للتفاوض كاستراتيجية لحل المنازعات والخلافات بينهم وبين الادارة.

التوصيات :

1- على المنظمات العمل علي تطوير وتحسين الأداء التنظيمي من خلال الاستفادة من قدرات العاملين في مختلف المستويات الادارية.
2- رغبة العاملين في المشاركة تعتبر نقطة قوة على المنظمة أن تستفيد منها، فتزيد من مستوى مشاركة العاملين حتى تستطيع تحقيق اهداف المنظمة .
3- زيادة مهمات ومسؤوليات بعض الأفراد العاملين ممن يتمتعون بمستويات عالية من الكفاءة .
4- منح العاملين استقلالية وصلاحيات أكبر لاتخاذ القرارات وحل المشكلات.
5- اجراء مزيد من الدراسات فيما يتعلق بطبيعة العلاقة بين المتغيرات الشخصية واتجاهات العاملين نحو المشاركة.

المراجع العربية:

1- إبراهيم الغمري، السلوك الإنساني والإدارة الحديثة، دار الجامعات المصرية، الإسكندرية، (ب،ت).
2- آدم محمد وادي خميس،أثر تفويض السلطة علي الأداء الإداري،رسالة ماجستير جامعة السودان،2009م.
3- آرمسترونج، تعريب عمر أحمد عثمان المقلي، إدارة الأفراد، شركة مطابع السودان للعملة، الخرطوم، 2005م.
4- بروث.ج. أفوليو، ترجمة عبد الحكم أحمد الخزامي، تنمية القيادة-بناء القوى الحيوية، دار الفجر للنشر والتوزيع ، 2003.
5- جاري ديسلر، تعريب:عبد القادر محمد عبد القادر، أساسيات الإدارة المبادي والتطبيقات الحديثة، دار المريخ، الرياض، 1992م.
6- حسن بن مسفر بن حميد آل فهاد،مشاركة المرؤوسين في صنع القرارات الإدارية في منشآت الأعمال السعودية وأثرها علي الأداء الوظيفي بالتطبيق علي الشركة السعودية للفنادق والمناطق السياحية،رسالة ماجستير،جامعة السودان،2004م.
7- حمدي فؤاد علي، التنظيم والإدارة الحديثة، دار النهضة العربية، بيروت، 1981م .

8- دخيل الله تركي شمدت، مشاركة القيادات الإدارية التربوية التدريبية في اتخاذ القرارات وأثرها علي أدائهم في الكليات التقنية في السعودية،رسالة دكتوراه، جامعة السودان،2008.
9- رامي جمال أندوراس، عادل سالم، الإدارة بالثقة والتمكين، مدخل لتطوير المؤسسات، عالم الكتب الحديث، أربد، 2008م.
10-ماهر محمود خلف الكلالدة، أثر مشاركة العاملين واتخاذ القرارات والدافعية علي الأداء الإداري، رسالة لدكتوراه، جامعة السودان 2007م.
11-عبد الباري دره، العامل البشري والانتاجية في المؤسسات العامة، ط1، دار الفرقان، عمان، 1982م.
12-عزيز طارش الدهمي،أثر الأساليب القيادية علي إدارة التغيير بالتطبيق علي شركات المساهمة العامة الأردنية ،رسالة دكتوراه، جامعة وادي النيل، 2007م.
13-فؤاد محمد عبد المنعم، الأسس النظرية والتطبيقية لوظائف إدارة الأفراد، ط1،دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1987م.
14-محمد خليفة محمد بابكر، أثر العمل الجماعي في إعداد الموازنات التخطيطية علي تحسين مستويات الأداء.دراسة تطبيقية لمنظمات الأعمال، رسالة ماجستير،2007م.
15-مصطفي مصطفي كمال، إدارة الموارد البشرية، الشركة العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، 1994م .
16-نفيسة باشري، العلاقات الإنسانية، نهضة الشرق، القاهرة,1986.
17-نواف الكنعان، إتخاذ القرارات الإدارية بين النظرية والتطبيق، دار الثقافة للنشر والتوزيع، عمان، 2009م .
18-هادية عبد العظيم سيد أحمد، دراسة المشاركة في اتخاذ القرارات الإدارية وأثرها علي العاملين بمنظمات الأعمال في السودان. دراسة حالة شركة دانفوديو للمقاولات والطرق والجسور،رسالة ماجستير،جامعة السودان،2004م.

REFERENCES

[1] Cotton, J. L. (1993). Employee involvement: Methods for improving performance and work attitudes. Newbury Park: Sage Publications
[2] Holtzman De Garcia, L.N(1993), Participatory management: a case study in a high tech Brazilian plant , Engineering Management Conference .
[3] James Sheehan (2010), NGOs and participatory management styles: a case study of Concern Worldwide, Mozambique.
[4] John Fox (2008)., Employee Empowerment: An Apprenticeship Model, Barney school of Business University of Hartford.
[5] Madoyan (2003), The advantages of participative management, Trulaske Business School.
[6] John A. Wagner, (1994), Participation's Effects on Performance and Satisfaction: A Reconsideration of Research Evidence, The Academy of Management
[7] Keith Davis (1977), "Human Behavior at Work, McGraw-Hill, New York, Evidence.
[8] Robert Guinn (1999), The Road to Empowerment, C E O Publication University of Michigan.
[9] Tung-Chun Huang, The effect of participative management on organizational performance: the case of Taiwan, The International Journal of Human Resource Management, Volume 8, Issue 5.
[10] Vann Allan (1992) Shared Decision Making- Making- Effective Leadership, Principal No 12 pp-pp 30-31.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1038-1051
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Performance of crushed silexite 0 / 31.5 in a seat layer

Souleymane Mbengue[1], Djibril Sow[2], Fatou Samb[3], Astou Diokhané[2], Makhali Ba[3], and Ibrahima Khalil Cisse[4]

[1]HENAN CHINA Company, Senegal

[2]University Institute of Technology, University of Thiès, Ministry of Higher Education, Research and Innovation, Thies, Senegal

[3]Unit of Training and Research in Engineering Science, University of Thiès, Ministry of Higher Education, Research and Innovation, Thies, Senegal

[4]Techniques Polytechnic School, Ministry of Higher Education, Research and Innovation, Thiès, Senegal

Copyright © 2019 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 Senegal, as in most Sahelian countries, the majority of pavement beds are of lateritic or basaltic gravelly material. These types of materials become scarce, become more expensive and lose their mechanical performance year after year. The possibility of using the silexite material, from the residues of the phosphates exploitation of the Chemical Industry of Senegal which are available in quantity remains a favorable asset if it respects the technical specifications for a road material all the more as Senegal is currently planning major road infrastructure projects. Thus, in this study, it was proposed to carry out extensive research on the geotechnical performance of this silexite material in the form of a severe 0 / 31.5 crushed material in order to deduce its suitability for use as a base course.

First the material coming from the heap is tested first according to an experimental study of complete identification of the material. It turns out that the results were not satisfactory considering the value of the IP 41.5 plasticity index. very high, a very low CBR index of 16.67, a high methylene blue value of 2.6 and a granulometric curve coming out of the acceptance zone. The results did not meet the technical requirements and specifications expected because they are very contaminated by other foreign bodies.

Nevertheless, a study to improve the cement material is discussed at 1%, 2%, 2.5% and 3%. The CBR indices found are respectively 127.60, 287.92, 298.77 and 373.46 with plasticity indices that vary between 27.65 and 34.35%. The characteristics of the material have improved significantly in terms of CBR and a decrease in the IP is noted that passes from 41.5 to 27.65 while being out of tolerance.

The study is continued using granular fractions from industrial crushing to reconstitute crushed gravel 0 / 31.5.

The results were conclusive as the particle size curve fits perfectly into the acceptance zone. An IP value of 19.99% is obtained certifying a good possibility to use the material in foundation layer but not in base layer. A CBR index of 149.27 and a density of 2.01 meeting the specifications required for its use in bedding.

KEYWORDS: spindle, silexite, severe crushed, material reconstituted, enhancement, IP, CBR.

1 INTRODUCTION

The road remains a true instrument of development and integration. It is a significant investment. Senegal in its Plan Senegal Emergent (PSE) programme has reserved important resources for the development of infrastructures including the ILA TOUBA motorway projects, the Regional Express Train, the promoville ect. These projects require high demand and consumption of road materials. The known material, commonly used in Senegal in basement and rolling is basalt and laterite. However, reserves are depleting and performance is decreasing. This situation pushes the researchers that we are to orient ourselves to another local material such as silexite from the mining residues of the Chemical Industry of Senegal located in Thiès 70 km from Dakar Senegal.

Silexites are hypersilicant sedimentary rocks in the form of kidneys or grouped in more or less horizontal passes in the phosphate levels. They are residues of phosphate mining, located in Taiba in the region of Thies [1]. A sample of an all-out flint

from silexite shows that the rock consists of 91% flint, 6% phosphated indurate, and 3% phosphated and clay fines [2]. These flints are developed in the quarry to produce aggregates of several classes. A serious is a natural mixture or not of pebbles, gravel or sand, with sometimes addition of finer particles. If the proportion of these fine particles in the grave is insufficient to give plasticity to its mortar, the serious is said to be lean. Otherwise, it is called silty or clay, depending on its active fines content [3]. In Senegal, a study on tailings or sterile silexites grouped in slag heaps in the region of Thiès, in Mboro is previously absent and their use as a base layer has not yet been prospected. . Thus we have considered through this article to make a study on these sterile silexites in order to measure the geotechnical performance of the material for its possible use as a base layer.

2 MATERIAL AND METHOD

SILEXITE MATERIAL PRODUCTION PROCESS

The slaughtered ore is delivered by 100-tonne trucks or dumpers in the form of a granulometry of 0/2000mm at the level of the sieve called scalper or epimetre, which subjects it to water jets at 20 bars to separate blocks from mineral particles. Blocks with a diameter greater than 200 mm are evacuated to the alveoli from which they are taken up by the dumpers to be arranged into small dispersed clusters. The remainder of the elements (0/200 mm) progresses through the clearing process to sieve No. 3, from which, after being subjected to 100 bar jets of water, it is divided into a mineral pulp (d 25 mm) for the laundromat station and into a residue transported by a sterile conveyor to a heap [4].

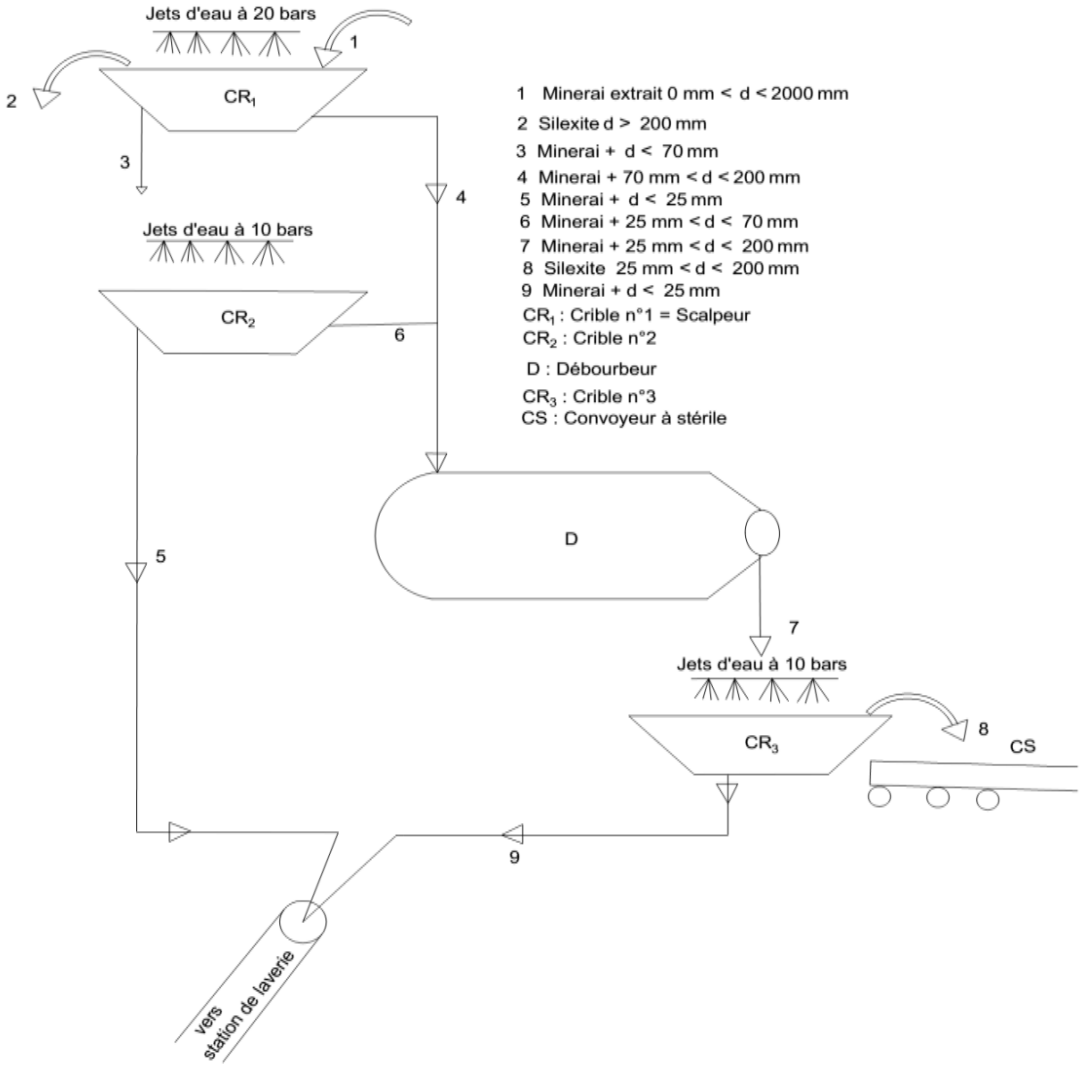


Fig. 1. Diagram of the clearing operation

A future use of a material in road construction necessarily requires a mastery of its physical and mechanical performance, which are known through geotechnical testing. Thus, all the tests carried out on the material were carried out at the Geotechnical Laboratory of the Experimental Centre for Research and Studies for Equipment (CEREEQ). A specimen of silexite waste rock was collected from the Taiba quarry specifically from the Keur Mor Fall heap for laboratory testing to characterize the geotechnical parameters of the material: • a complete identification will be made on the raw material, • on material after cement improvement; • and finally on the material after reconstitution of the granular class.

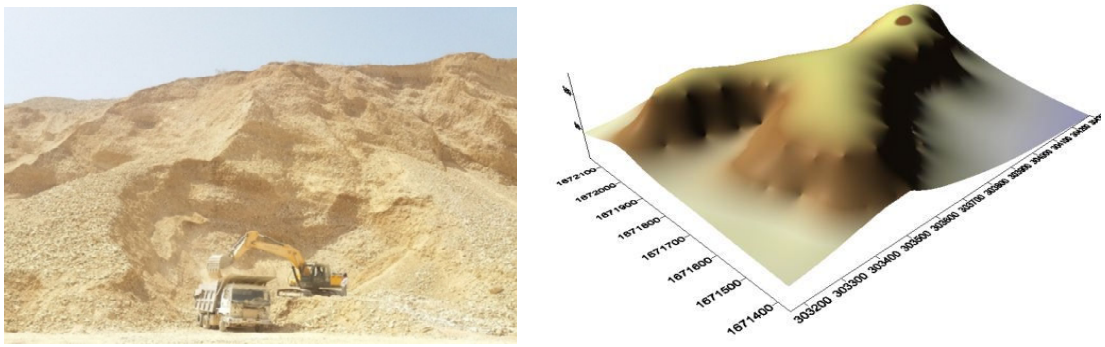


Fig. 2. Sample location at Keur Mor Fall.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 PARTICLE SIZE ANALYSIS

This analysis is conducted in accordance with NF EN 933-1 and NF EN 933-2[5].

- After washing, the particle size curve of the 0/31.5 granularity silexite waste rock in the raw state is shown in Figure 3 below. It is found that the granular distribution of the material has a high percentage of fines of 20,04 %, therefore it does not enter the acceptance zone.

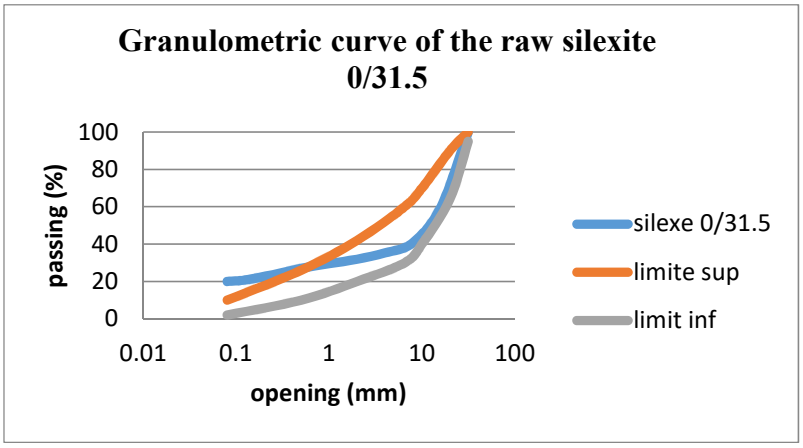


Fig. 3. Particle size of the crushed bass 0/31.5

- After CBR test

The particle size test on the 0/31.5 silexite material after compacting gives a percentage of fines of 25,7%. It is higher than that found in the raw state (20.04%). The curve does not fit into the specification spindle.

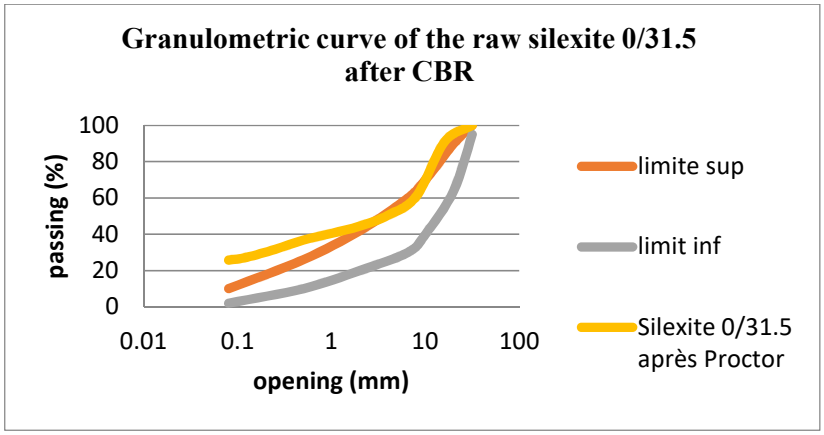


Fig. 4. Particle size of the crushed bass 0/31.5 after CBR.

3.2 LIMIT OF ATTERBERG

This test, conducted in accordance with NF P 94 051 [6], determined the liquidity limit to the cup and the plasticity limit to the roll of the material and applies to soils whose elements pass through the 400µm mesh opening sieve.

Table 1. Atterberg Limit Test Values

Liquidity					plasticity	
number of strokes	15	19	23	27		
Moisture content	80,3	79,8	79,2	78,7	36,3	38,5

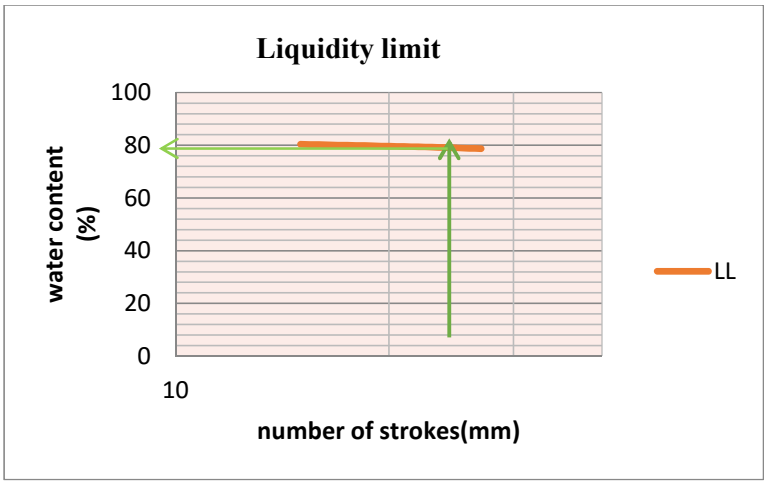


Fig. 5. Limit diagram of liquidity

The values obtained are as follows:

Liquidity limit WL=79

Plasticity limit WP= 37,4

IP Plasticity Index = WL - WP = 41.6

According to the CEBTP Specification, the IP must be less than 25 and 15 for the use of a material in foundation layer and base layer respectively.

The found IP is then high and requires a reduction to enter the acceptability threshold.

3.3 METHYLENE BLUE TEST

The methylene blue test according to NF EN 933-9 + A1 [7] was carried out on the soil fraction passing through the sieve 5 mm. The blue value, VBS, expressed in g of methylene blue per 60 g of dry material, is the amount of this dye needed to cover the internal and external surface of all clay particles. A value of 2.6 g is obtained.

Table 2. Values obtained from the methylene blue test

Dry mass (g)	Poured volume (ml)	VBS (0/5)
60	49	2,6

3.4 MODIFIED PROCTOR TEST

The purpose of the Proctor test according to NF EN 13286-2 [8] is to determine, for a given intensity compaction, the water content to which a soil must be compacted to obtain the maximum dry density.

Table 3. Proctor Test Values

Water content %	9,10	11,20	13,40
Dry mass	1,885	1,923	1,836

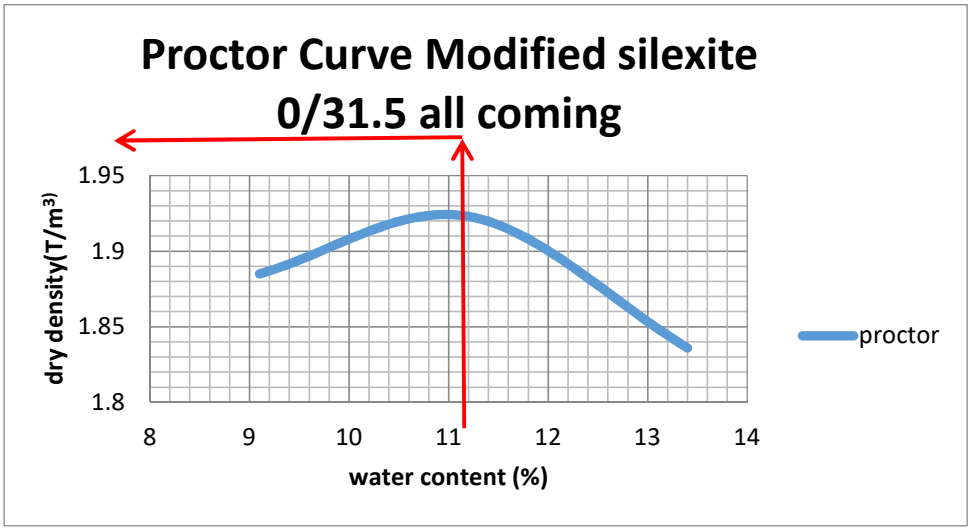


Fig. 6. Modified Proctor Curve Silexite 0 / 31.5 Raw

The Proctor curve was used to determine the optimum water content and the maximum dry density.

- wOPM (%) = 11
- Ds (T / m3) = 1.925.

It is found that the water content is a little high and the dry density low. These values may be due to the clay and phosphatic fraction that are very present in the material.

CBR test

The California CBR bearing index according to NF P 98 078 [9] is the ratio, expressed in percentage (%) of the pressure producing a given depression by means of a standardized cylindrical punch (of section 19.32 cm²) moving at a determined speed (1.27 mm / min) and the pressure necessary to drive the same punch under the same conditions, in a typical material. The test is carried out on sieve loops smaller than 20 mm in the CBR mold. The results obtained are recorded in this table 4 after the exploitation of Figure 7 below.

The CBR values obtained are therefore very low, so that the all-round material, in its present state, cannot be used as foundation layer even less as a base layer.

It is then envisaged an improvement in cement despite a much lower CBR value 60 to push the study and see if it will meet the technical specifications for its use in seat layers.

Table 4. CBR Values Based on Compactness

Compactness	**90%**	**95%**	**100%**
CBR	16,11	16,7	18,2

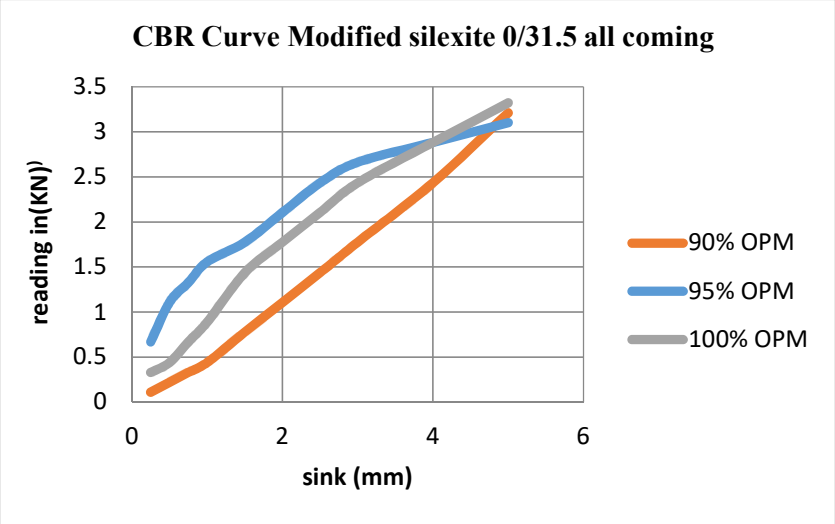


Fig. 7. Curve CBR silexite 0 / 31.5 raw

3.5 CHARACTERISTICS OF CEMENTITIOUS MODIFIED 0 / 31.5 SILEXITE MATERIAL

The material is improved with SOCOCIM CEM I 42.5 R cement at percentages of 1%, 2%, 2.5% and 3%.

3.5.1 ATTERBERG LIMIT TEST

The results of the test obtained are shown in Table 5 below.

There is a decrease in the value of PI as a function of the increasing cement content which varies from 27.65 to 34.35.

The services that can be expected from the incorporation of a hydraulic binder are varied. In the first place, it neutralizes the fine plastics of a water-sensitive soil. The fines are agglomerated into much larger particles, more or less impermeable surface. Their specific surface being reduced, they are less sensitive to swelling by imbibition and consequently to the action of the gel. The plasticity index of a treated soil is very significantly lowered. The role of the cement is essentially to correct the granularity by the contribution of fine elements and to improve the insufficient cohesion of this material [10].

However, the values obtained remain always above the threshold values 15 and 25 sought for use of a material respectively base layer and foundation.

Table 5. Index of plasticity according to the percentage of cement

% Cement	1	2	2.5	3
W_L	75,8	82,2	84	68,2
W_P	41,45	48,15	50,4	40,55
Ip	34,35	33,85	33,6	27,65

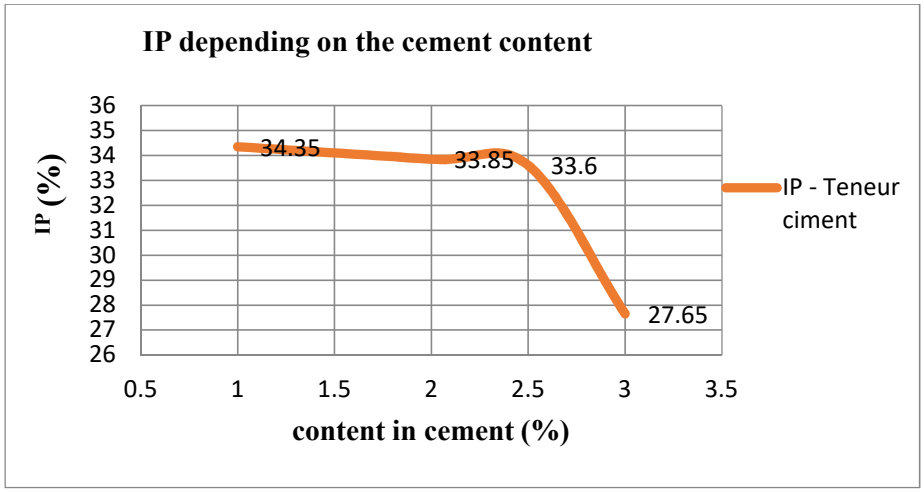


Fig. 8. IP by Cement Content

3.5.2 MODIFIED PROCTOR TEST

Dry density is shown to decrease with increasing cement content. On the other hand, the water content increases with the increase in the cement content. Cement in the material tends to absorb water, thus an increase in water content and therefore a decrease in dry density.

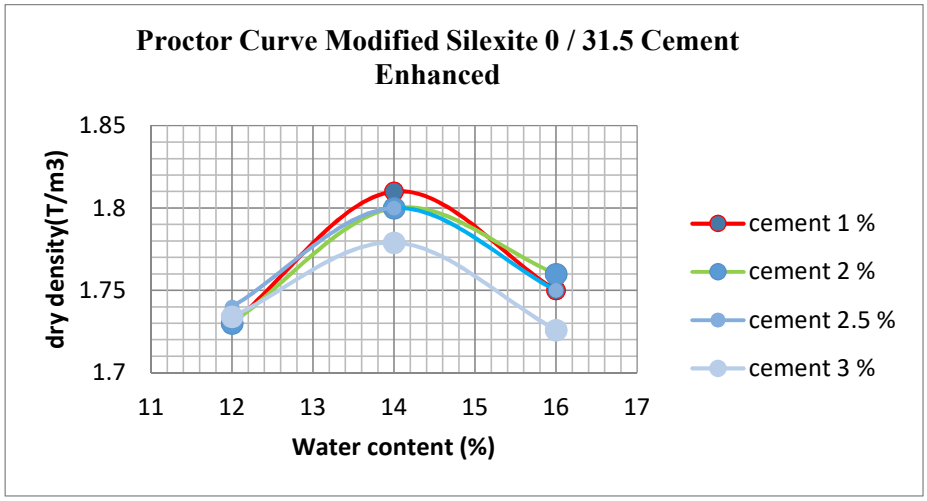


Fig. 9. Proctor curve modified with 0 / 31.5 silexite with cement improvement

3.5.3 CBR TEST

We realize that the value of CBR increases with the increase in the percentage of cement. As we have seen the CBR goes from 16.7 for the 0 / 31.5 silexite material all coming in at 127 with a 1% improvement in cement. The value of 287.92 found with a 2% improvement in cement greatly exceeds the threshold value of 160 generally required as a base layer for the improved material.

Thus, the curves showing the variation of the CBR as a function of the compactness with the different percentages of cement are plotted below.

Table 6. Variation of CBR as a function of compactness and cement.

	90 %	95%	100%
3% cement	287	373	410
2,5% cement	250	299	390
2% cement	237	288	323
1% cement	119,85	127,6	295,23



Fig. 10. Curve CBR silexite 0 / 31.5 at 1% cement

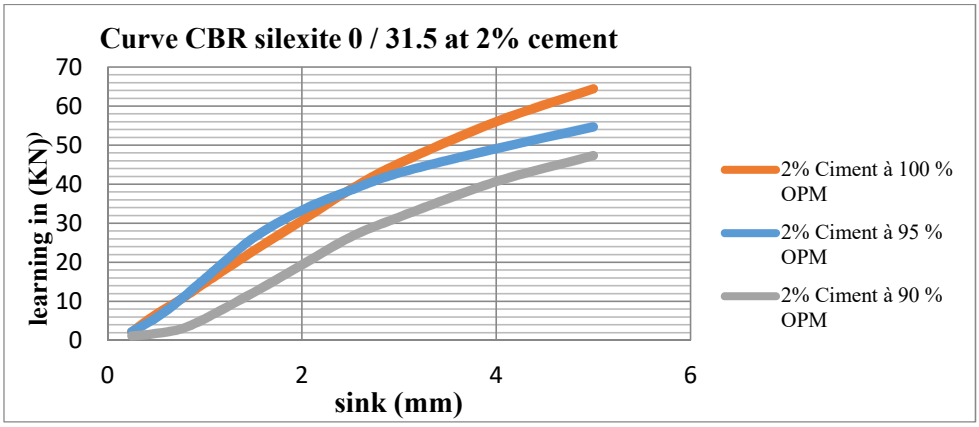


Fig. 11. Curve CBR silexite 0 / 31.5 at 2% cement

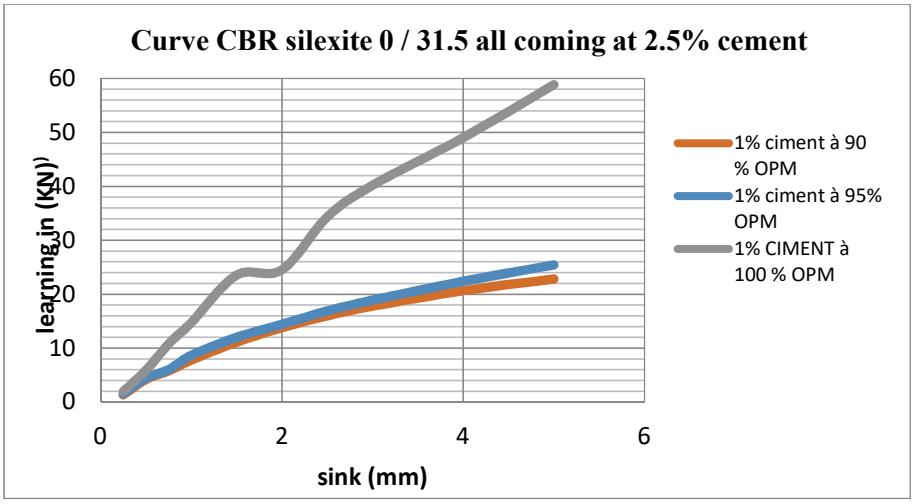


Fig. 12. Curve CBR silexite 0 / 31.5 all coming at 2.5% cement

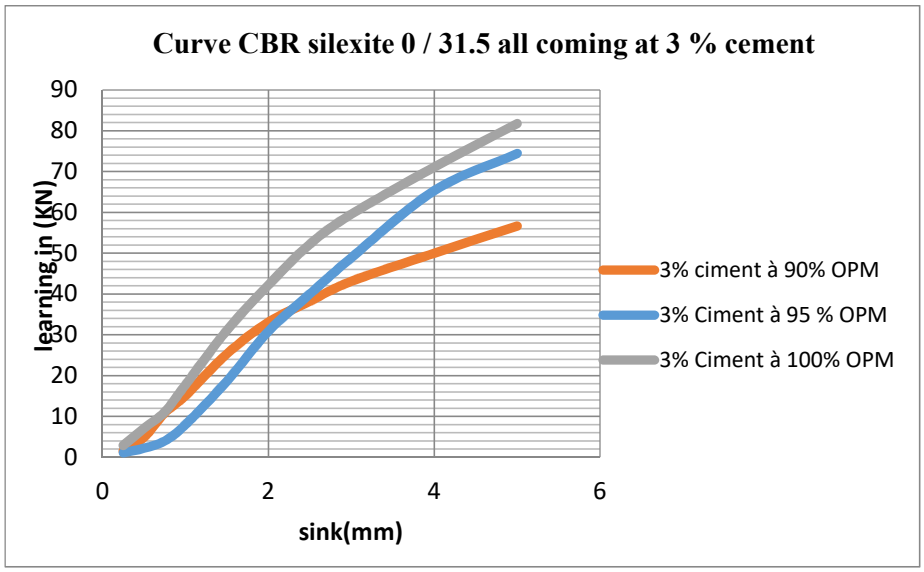


Fig. 13. Curve CBR silexite 0 / 31.5 all coming at 3 % cement

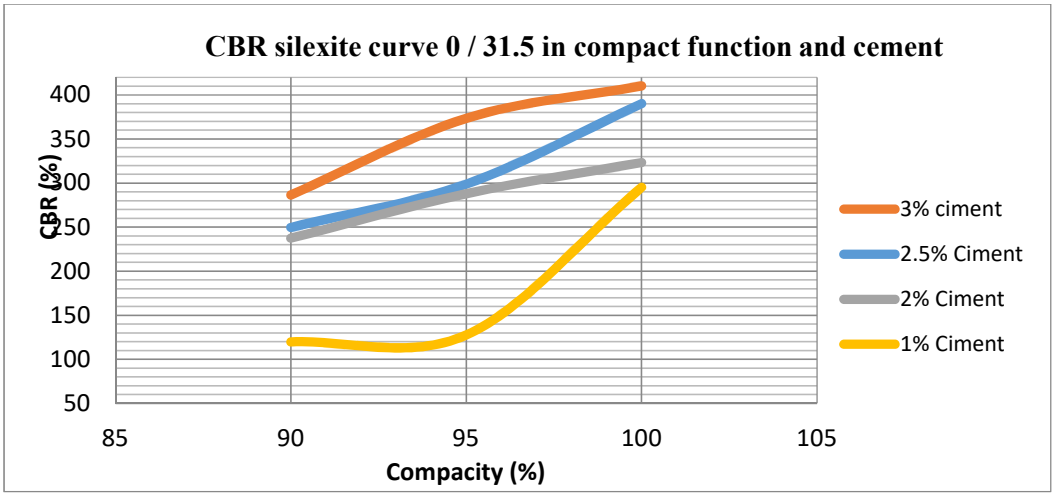


Fig. 14. CBR silexite curve 0 / 31.5 in compact function and cement

Table 7. Summary of results obtained

Materials	Particle size analysis (%)	Plasticity index (Ip)	Proctor modifie		ICBR a 95% OPM
	0,08mm		Wopm(%)	ρdopm(t/m^3)	
Silexite 0/31.5 all coming	20,04 (avant CBR)	41,6	12,5	1,91	16,7
	25,7 (après CBR)				
1 % Cement		34,35	16,25	1,80	127
2 % Cement		33,85	17,61	1,80	287,92
2,5 % Cement		33,6	16,64	1,81	298,77
3 % Cement		27,65	17,41	1,78	373,46
CEBTP specification (1984)	Foundation layer	**≤ 25**		**≥ 1,9**	**≥ 30**
	Base layer	**≤ 15**		**≥ 2**	**≥ 80**

3.6 CHARACTERIZATION OF THE MATERIAL 0 / 31.5 SILEXITE FROM A SOCAM CRUSHING PLANT

The state all coming silexite 0 / 31.5 shows limits to satisfy the requirements. The study is deepened by using the granular grades from the SOCAM crushing industry Thus a complete identification was made to have the performance of the material resulting from industrial crushing.

Table 8. Granular Class Reconstitution 0 / 31.5

Granular class	Filler	0/3	3/8	8/16	16/25	25/31,5
Percentage used	10%	12%	14%	16%	18%	30%

The granulometric curve before washing the 0 / 31.5 mixture of the crushed silexite waste material obtained fits well into the spindle.

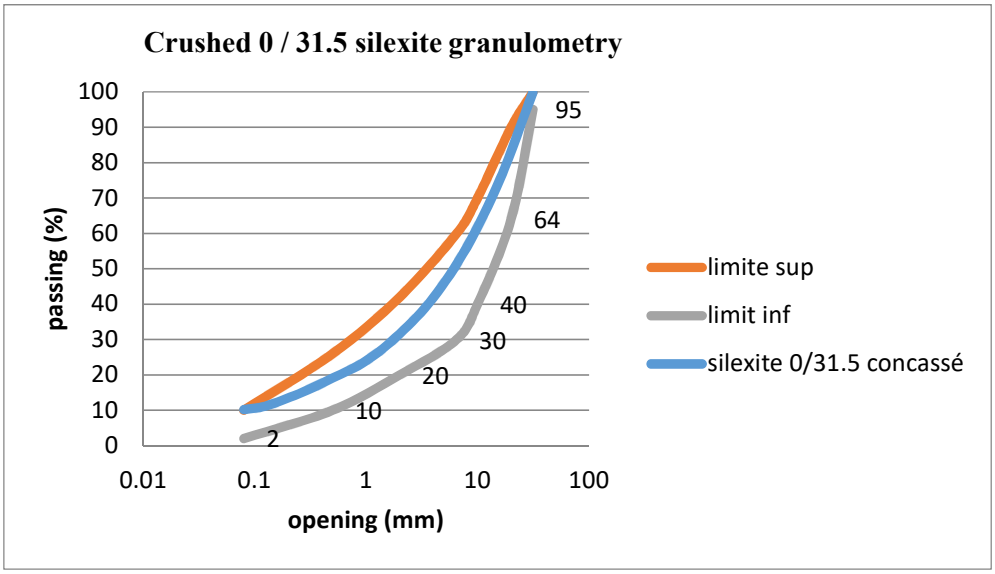


Fig. 15. Industrial crushed particle size 0 / 31.5 according to the spindle

3.6.1 ATTERBERG LIMIT TEST

Table 9. Values obtained on the limits

Liquidity limit					Plasticity	
number of hits	15	19	23	27		
Water content	41,98	41,39	40,84	40,28	20,643	20,363

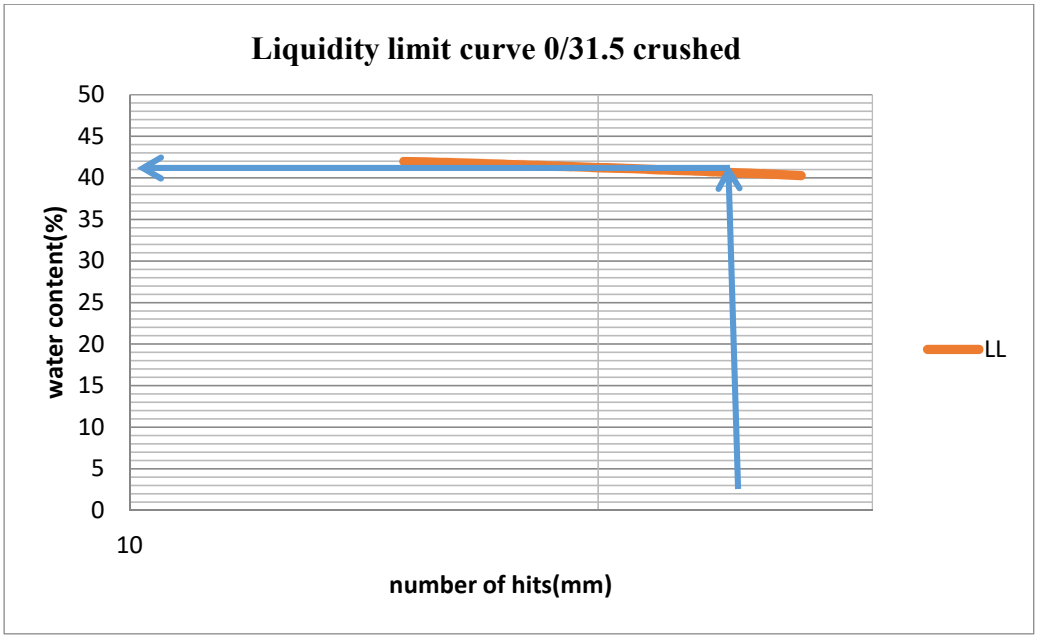


Fig. 16. Crushed granulometry 0/31.5 industrial as a function of the spindle

Wl = 40.5

Wp = 20.503

IP = 19.997

As IP 19.99%, this value exceeds the limit set out in the CEBTP (1984) specifications for a material that can be used in a base layer, but is less than an IP of 25 required in foundation layer in the CEBTP (1984) specifications. The material cannot be used in a base layer unless it is improved to lower the IP to less than 15.

Methylene Blue Test

The results of the reconstructed crushed silexite waste rock test are summarized above. The blue value obtained on this material is lower than that of the silexite waste rock shows that the crushed silexite sterile material is less plastic than the crushed silexite material.

Table 10. Values obtained from the blue test

Dry mass (g)	Poured volume (ml)	VBS (0/5)
60	35	1,83

MODIFIED PROCTOR TEST

Dry density = 2.01 and the water content is 10%. The dry density of the material being greater than 2 complies with the specifications required for its use as a base layer. So in terms of density the material is in accordance with the specification.

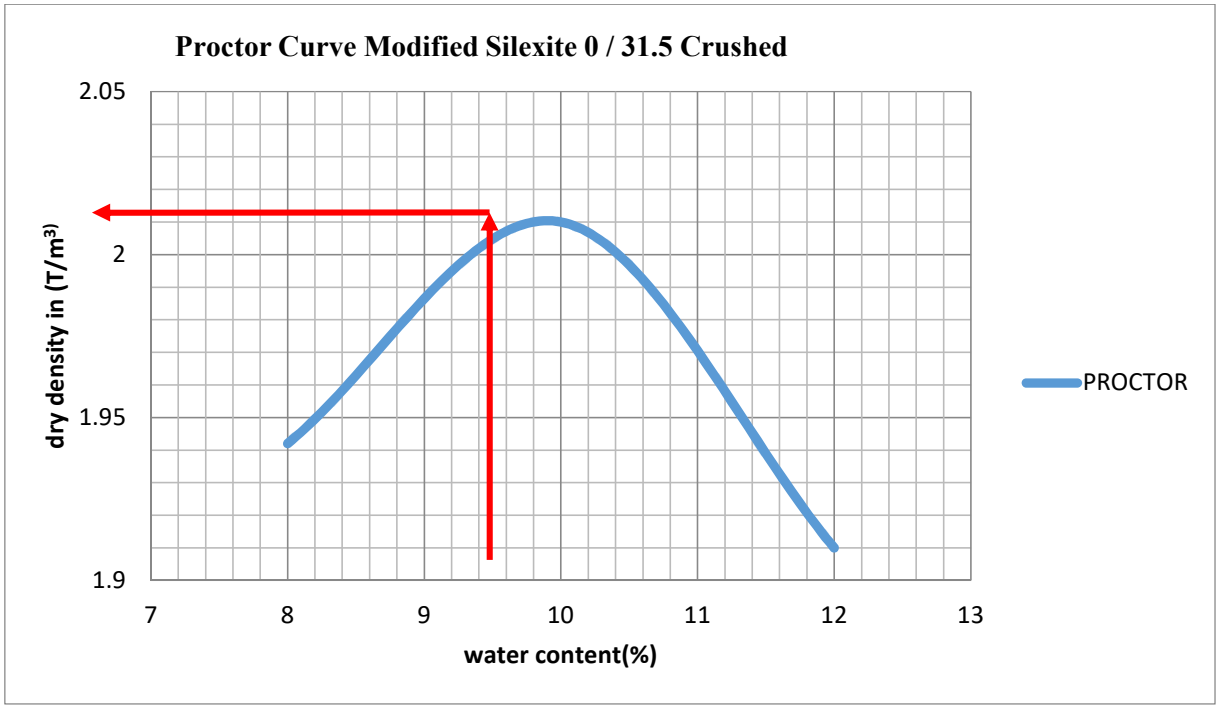


Fig. 17. Proctor Curve Modified Silexite 0 / 31.5 Crushed

3.6.2 CBR TEST

The test carried out on raw material, submerged for 4 days gives a CBR of 147,97 to 95 % of the modified Proctor optimum. This value is much higher than 30 and 80 requested in the CEBTP specifications in foundation layer and base layer respectively.

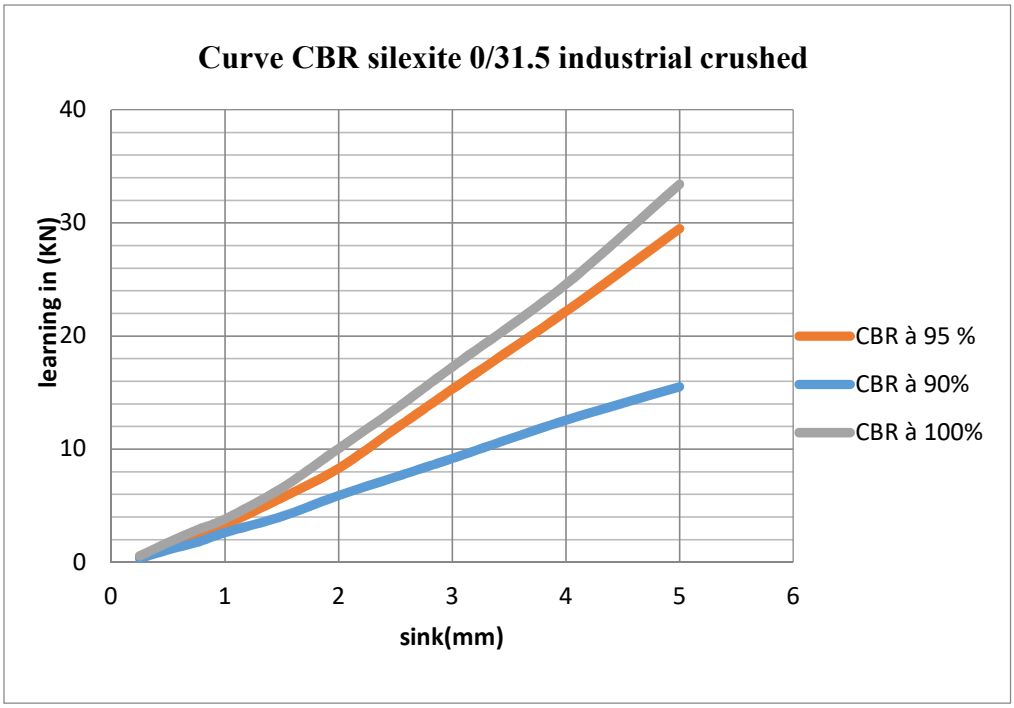


Fig. 18. Curved CBR curve 0 / 31.5 crushed industrial

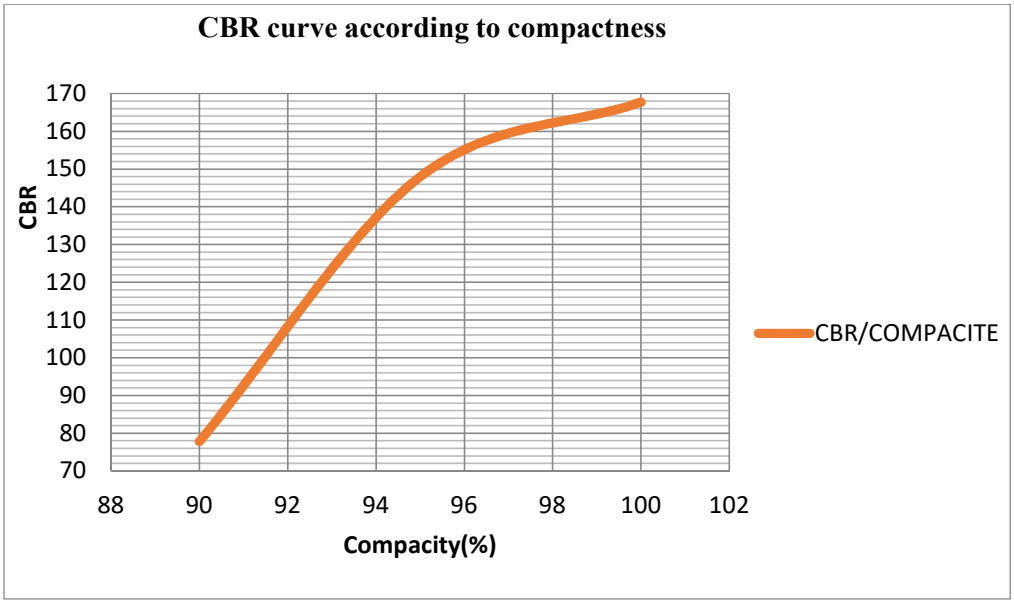


Fig. 19. CBR curve according to compactness

Table 11. Summary of results on the reconstituted material

Materials	Particle size analysis (%)	Plasticity index (Ip)	Proctor modifie		ICBR à 95% OPM
	0,08mm		Wopm(%)	Pdopm(t/m^3)	
Reconstituted materials	10,22 (before CBR)	19,99	11,29	2,01	147,97
	11,7(after CBR)				
CEBTP specification (1984)	Foundation layer	**≤ 25**		≥ 1,9	≥ 30
	Base layer	**≤ 15**		≥ 2	≥ 80

It is noted that the percentage of fines before and after compaction, the IP, the dry density and the CBR are well within the specifications of the CEBTP for the use of the material in foundation layer. Characteristics of the silexite material 0/31.5 except the IP remain consistent with the specifications for its use in base layer. Upgrading of the cement material is required in a base layer to drop the plasticity index to less than 15 to meet the specifications of the CEBTP (1984) [11].

4 CONCLUSION

In short, the objective of this work was to determine the geotechnical characteristics of Mboro's silexite waste rock in order to pronounce on its probable use in the base layers. It turns out that the material coming from the waste rock has unacceptable characteristics for use in basement layer. The improvement of all cement to increase its mechanical performance and lowered its plasticity index but not in the proportions required for a bedding layer. Once the material reconstituted its mechanical performance has improved significantly and meets the requirements requested in bedding layer except that the IP obtained 19.99 remains always greater than 15. A cement improvement could be considered to correct the IP.

REFERENCES

[1] BA, Makhaly. (2008). Geotechnical identification of crushed-type materials in roadways and evaluation of their quality - pages 32 and 33.
[2] BA, Makhaly. (2008). Geotechnical identification of crushed-type materials in roadways and evaluation of their quality - pages 32 and 33.
[3] Road nomenclature page 14
[4] SIDIBE, Maïmouna. (1995). Study of the use of silexite-type aggregates in road geotechnics (especially in base layers and pavement coating). Thiès (Senegal): Polytechnic School of Thiès - 142 pages.
[5] NF EN 933-1 and NF EN 933-2 Size analysis by sieving.
[6] NF P 94 051 Determination of Atterberg limits - Limit of liquidity in the cup - Plasticity limit.
[7] NF EN 933-9 + A1 Tests for determining the geometrical characteristics of aggregates - Part 9: qualification of fines
[8] NF EN 13286-2 Determination of the relation between the water content and the density of a compacted material
[9] NF P 98 078 recognition and tests - CBR index after immersion
[10] Crusader, R. (1964). Soil treatment with hydraulic binders.
[11] CEBTP (1984). Practical guide sizing in tropical countries, French Ministry of Cooperation - 154 pages.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1052-1065
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractéristiques structurales et importance relative de la flore ligneuse autour de deux ruchers installés dans la forêt classée de Badenou (Nord de la Côte d'Ivoire)

[Structural characteristics and relative importance of woody vegetation around two experimental apiaries located in Badenou protected forest (North of Côte d'Ivoire)]

KONE Dofoungo[1-2], OUATTARA Noufou Doudjo[3-4], IRITIE Bruno Marcel[5], and WANDAN Eboua Narcisse[1-6]

[1]UMRI Sciences Agronomiques et Génie Rural, Ecole Doctorale Polytechnique, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[2]Institut de Gestion Agropastorale, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

[3]UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua d'Abidjan, Côte d'Ivoire

[4]Centre Suisse de Recherche Scientifique en Côte d'Ivoire, Côte d'Ivoire

[5]Laboratoire de Zootechnie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[6]Laboratoire Sciences Société & Environnement, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted around two experimental apiaries located in the Badenou protected forest, at the periphery and nearby the villages of Tiébila and Nafoun. Its purpose was to characterize the structure of woody vegetation and to evaluate its relative importance. For this purpose, a surface inventory was carried out in December 2017. The structure of the vegetation was studied through the density of woods, the basal area and the diameter structure. The relative importance of the flora was appreciated through the indices of importance value and rarefaction of species and families. An average floristic richness was observed with 96 species grouped into 72 genera and 30 families. The high density (1482 ± 657.15 stems/ha) and the average basal area (13.19±5.94 m^2/ha) could be due to the good level of conservation of woodlands. The diametric structure of vegetation presented an appearance of "inverted J" and showed a predominance of small diameter trees. Eight species and eight families were predominant. Sixty-three species and 15 families were rare. Pending the results of the identification of honey plants, the woody flora studied is potentially melliferous. Its medium diversity and its high density were a major asset for beekeeping because they were likely to provide the floral resources necessary for a large production of honey.

KEYWORDS: Inventory, woody flora, diametric structure, apiary, protected forest, Badenou.

RESUME: Cette étude a été conduite autour de deux ruchers expérimentaux installés dans la forêt classée de Badenou, en périphérie et à proximité des villages riverains de Tiébila et Nafoun. Elle a pour but de caractériser la structure de la végétation ligneuse et d'évaluer son importance relative. Pour cela, un inventaire de surface a été réalisé en décembre 2017. La structure de la végétation a été étudiée à travers la densité des ligneux, la surface terrière et la structure diamétrique. L'importance relative de la flore a été appréciée grâce aux Indices de Valeur d'Importance et de raréfaction des espèces et des familles. Une richesse floristique moyenne a été observée avec 96 espèces regroupées en 72 genres et 30 familles. La forte densité (1482 ± 657,15 tiges/ha) et la surface terrière moyenne (13,19 ± 5,94 m^2/ha) seraient dues à un bon niveau de conservation des formations boisées de cette forêt. La structure diamétrique de la végétation présente une allure de « J inversé » et montre une prédominance des individus de petit diamètre. Huit espèces et huit familles sont prépondérantes. Soixante-trois espèces et 15 familles sont rares. En attendant les résultats de l'identification des plantes mellifères, la flore ligneuse étudiée est

potentiellement mellifère. Sa diversité moyenne et sa forte densité constituent un atout majeur pour l'apiculture car elles sont susceptibles de fournir les ressources florales nécessaires pour une production importante de miel.

MOTS-CLEFS: Inventaire, flore ligneuse, structure diamétrique, rucher, forêt classée, Badenou.

1 INTRODUCTION

Diverses mesures ont été prises par l'Etat de Côte d'Ivoire dans le sens de la reconstitution du couvert forestier et de sa gestion durable dès les premières années de l'indépendance [1]. Cependant, les écosystèmes forestiers du pays subissent des dégradations importantes dont la cause principale est l'action anthropique [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. En effet, les aires protégées telles que les forêts classées sont infiltrées par les populations riveraines pour y pratiquer l'agriculture [9], [10], [11], [12]. Ce mode d'utilisation des ressources des forêts classées par ces populations est incompatible avec leur pérennisation puisqu'il conduit à la conversion de ces espaces forestiers en terres agricoles.

Cette pression anthropique s'exerce aussi bien sur les forêts denses humides du sud que sur les formations mixtes forestières et graminéennes de la zone soudanienne du nord du pays. En effet, dans la zone savanicole de la Côte d'Ivoire, plusieurs forêts classées ont été déclassés, certaines ont même disparu et d'autres sont en voie de disparition [13]. Actuellement, la forêt classée de Badenou est l'une des rares forêts classées à avoir un bon niveau de conservation dans cette zone [4]. Toutefois, elle est exposée à des risques réels et imminents puisqu'une enquête menée en 1992 dans le cadre de son aménagement a révélé qu'elle était partiellement occupée. Ainsi, environ 500 personnes occupaient 1100 ha, soit 4% de la superficie totale de cette forêt [14]**.** De plus, les populations riveraines de cette forêt classée, qui ont longtemps pratiqué l'agriculture pour satisfaire leurs besoins alimentaires locaux, ont de nos jours des productions agricoles diversifiées et croissantes. En effet, leurs produits agricoles sont l'objet d´une demande de plus en plus élevée venant des populations urbaines toujours plus nombreuses et des exportateurs de certains produits tels que le coton et la noix de cajou. Cette croissance des productions agricoles étant due à une extension des surfaces cultivées, ce passage d'une agriculture de subsistance à une agriculture de marché entraîne une compétition entre les agriculteurs pour les espaces cultivables.

Dans le contexte actuel de rareté des terres agricoles qui augmente le risque d'infiltration de la forêt classée par les agriculteurs, il est indispensable de proposer des solutions pouvant susciter l'adhésion des populations à sa gestion durable. Le développement de l'apiculture autour de la forêt classée au profit des populations riveraines semble être une perspective économique intéressante puisqu'elle leur permettra de tirer profit de cet écosystème forestier sans toutefois entrainer sa dégradation.

L'importance que peut avoir l'apiculture pour ces populations est suffisamment évidente. En effet, cette activité permet d'améliorer les conditions d'existence de celui qui s'y consacre à travers l'utilisation et la vente de ses produits [15]**.** Le miel, principal produit de l'apiculture, se vend bien en Côte d'Ivoire avec un prix qui varie actuellement entre 1000 F CFA et 3000 F CFA par kilogramme. Selon une étude menée dans le nord et le centre du pays**,** le prix de vente moyen du kilogramme de miel est de 2000 F CFA et celui de la cire est de 1300 F CFA [16]. Cette même étude indique que le revenu annuel net moyen des apiculteurs enquêtés est de 470 575 F CFA avec une production annuelle moyenne de 453,78 kg de miel et 48,18 kg de cire. L'apiculture contribue également à l'économie rurale environnante grâce au rôle joué par les populations d'abeilles dans la pollinisation des cultures d'une part et d'autre part en stimulant les échanges commerciaux entre les apiculteurs, les consommateurs de miel et autres produits de la ruche (cire, pollen, propolis), les fabricants de matériel apicole (ruches, enfumoirs, vêtements de protection, matériel de conditionnement, etc.) et les divers intermédiaires [17], [18], [19]. De plus, c'est une activité qui nécessite relativement peu de ressources financières, matérielles et humaines et peut ainsi être aisément associée aux autres activités agricoles [20], [21]**.** En effet, les abeilles sont recueillies dans la nature et collectent elles-mêmes leurs aliments, le matériel est fabriqué localement et la possession de terres pour la pratique de l'apiculture n'est pas essentielle.

Par ailleurs, la mise en place d'un projet apicole d'envergure nécessite une évaluation préalable des potentialités mellifères de la zone. Au nombre de ces potentialités, figurent en bonne place les atouts floristiques puisqu'il est bien connu que les produits de la ruche reflètent en quantité et en qualité la nature des plantes mellifères [22], [23], [15], [24]. La diversité floristique et structurale de la végétation constitue alors des données dont la connaissance est essentielle pour les aménagements à mettre en place**.** Des travaux de recherches ont été réalisés dans ce sens en Côte d'Ivoire et dans plusieurs pays d'Afrique de l'ouest et du centre [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34]. Toutefois, l'évaluation du potentiel mellifère des forêts classées en vue de la promotion de l'apiculture en faveur des populations riveraines et la gestion durable des ces massifs forestiers n'a pas encore fait l'objet d'étude scientifique en Côte d'Ivoire.

La présente étude a été conduite pour caractériser la végétation ligneuse autour de deux ruchers expérimentaux installés dans la forêt classée de Badenou à travers l'analyse de sa structure horizontale et l'évaluation de l'importance relative de sa flore.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Avec une superficie 26980 ha, la forêt classée de Badénou est située dans le département de M'bengué, au Nord de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 5° 32' 06" et 5° 49' 67" Ouest et les latitudes 9° 41' 63" et 9° 51' 63" Nord, à 40 km de la ville de Korhogo sur l'axe routier Korhogo-M'bengue [35]. L'étude a été menée dans cette forêt classée, dans sa partie périphérique, à proximité des villages riverains de Tiébila et Nafoun (Fig. 1). Le choix de ces sites a été motivé par la proximité géographique de la forêt classée de Badenou avec ces deux villages. Cette zone se trouve dans le secteur phytogéographique soudanais de la Côte d'Ivoire. La végétation naturelle est ainsi essentiellement constituée de savanes arborées et arbustives, de savanes boisées, de forêts claires et de galeries forestières le long des cours d'eau [36]. Le régime climatique est de type soudanais caractérisé par une saison sèche longue de six à sept mois (novembre à mai), avec une période d'harmattan (de décembre à février) et une saison pluvieuse de juin à octobre avec un maximum pluviométrique en août [37]. Selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2014, les villages de Tiébila et Nafoun sont peuplés respectivement de 965 et 1304 habitants [38]. Cette population est composée des peuples Senoufo et Malinké mais également de Peulh, de Maliens et de Burkinabés.

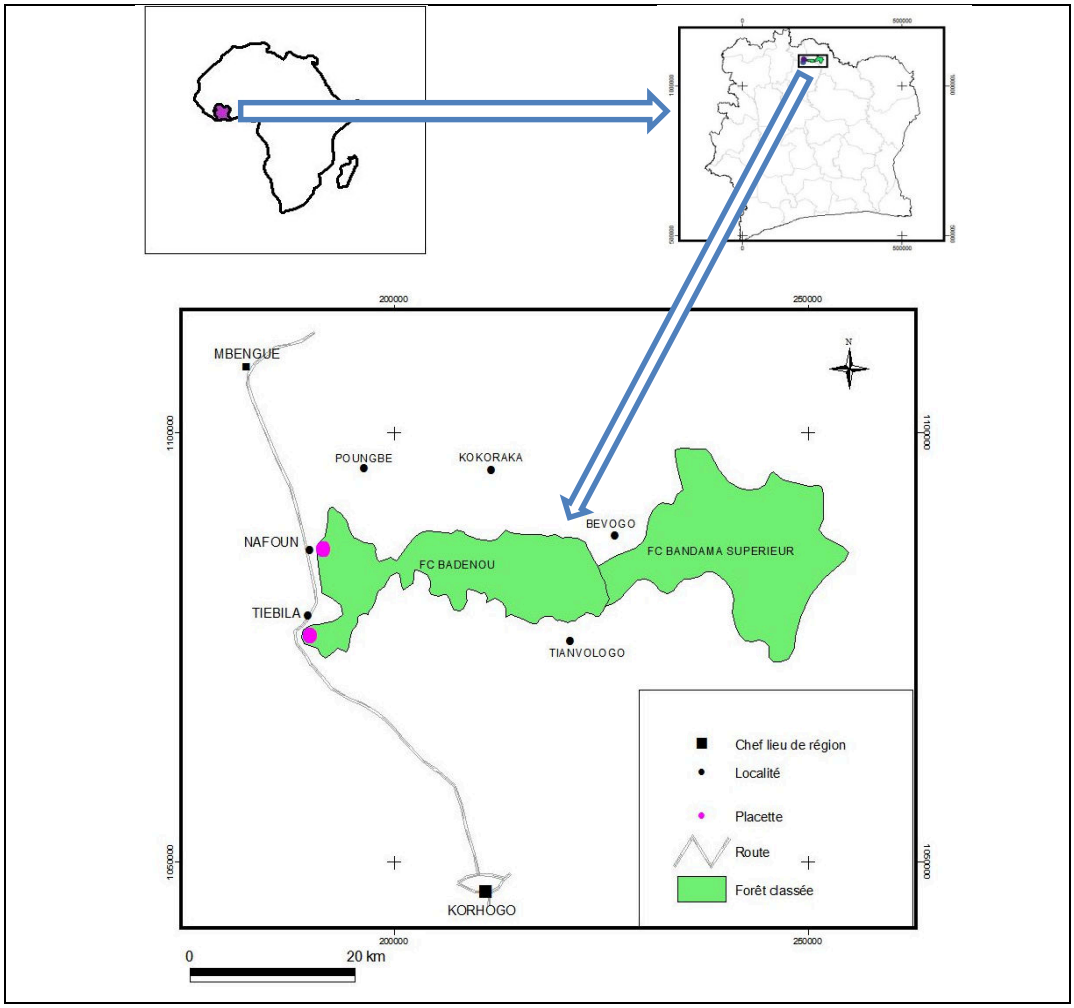


Fig. 1. Situation de la zone d'étude

2.2 MATERIEL

Le matériel employé pour l'inventaire des plantes sur le terrain comprend un GPS pour la localisation des différentes aires d'observation et des placettes d'inventaire ; un décamètre de 100 m et des jalons pour la délimitation des placettes ; un ruban-mètre pour la mesure des circonférences des ligneux ; un sécateur pour la récolte des échantillons d'herbiers ; des sangles, des cartons et des papiers journaux pour le pressage et le séchage des échantillons d'herbiers ; des fiches de relevés floristiques.

Le matériel de laboratoire qui a été utilisé pour identifier toutes les espèces végétales collectées est composé d'une loupe binoculaire et d'anciens échantillons d'herbiers déposés à l'herbier du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire.

2.2.1 METHODES DE COLLECTE DES DONNEES

2.2.1.1 AIRE D'OBSERVATION ET DISPOSITIF DE COLLECTE DES DONNEES

Deux ruchers expérimentaux de cinq ruches chacun ont été préalablement installés dans la forêt classée en périphérie et à proximité de deux villages (Tiébila et Nafoun). Les observations ont été faites dans un rayon de 0,5 km autour de chaque rucher, soit une superficie de 78,5 ha. Ainsi, la superficie totale de l'aire d'observation au niveau de la forêt classée est de 157 ha. La méthode des relevés de surface ayant été adoptée pour l'inventaire floristique, des placettes rectangulaires de 20 m x 25 m (soit 500 m^2) distantes les unes des autres de 200 m ont été réalisées autour de chaque rucher [29], [32]. Ce qui correspond à un total de 20 placettes par rucher (Fig. 2).

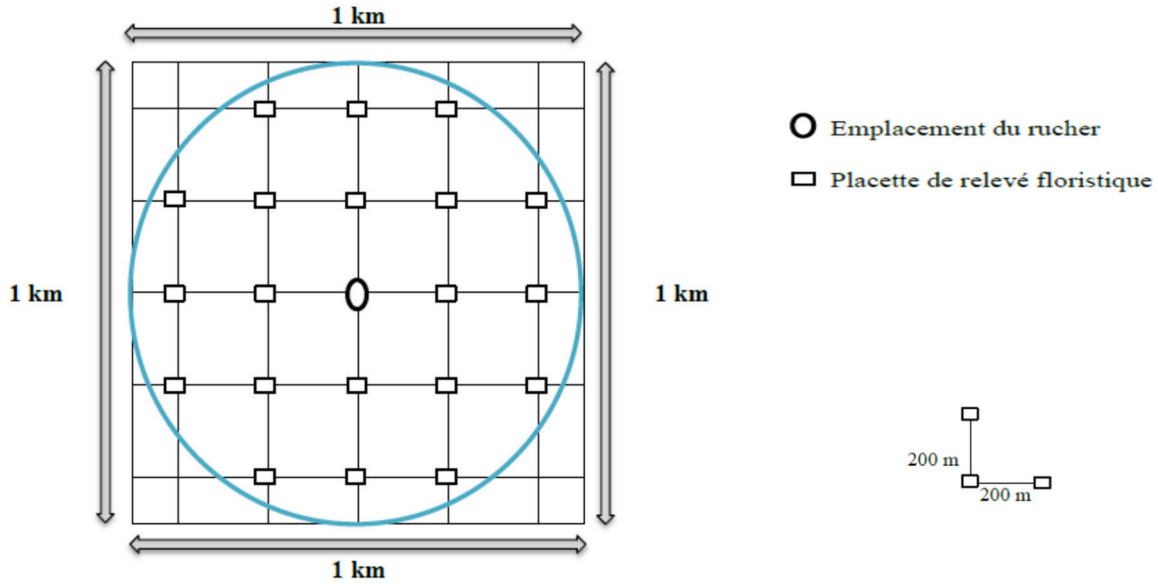


Fig. 2. Répartition des placettes de relevés floristiques dans l'aire d'observation

2.2.1.2 INVENTAIRE FLORISTIQUE ET IDENTIFICATION DES ESPECES

L'inventaire floristique a été réalisé en décembre 2017. Dans chaque placette de l'aire d'observation, toutes les plantes ligneuses ont été recensées. Sur chaque individu, le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) a été déterminé. Le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) minimal choisi est de 3 cm afin de prendre en compte la majorité des arbustes et arbrisseaux de petit diamètre qui pourtant, ont atteint l'âge de la floraison et peuvent donc avoir un intérêt mellifère [29], [33].

La majorité des espèces végétales a été identifiée *in situ*. Celles dont des doutes pesaient sur l'identité ont été acheminées dans l'herbier du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) pour y être définitivement déterminées. Ces déterminations ont été réalisées en comparant des échantillons récoltés avec d'anciens spécimens conservés à l'herbier mais aussi en utilisant les ouvrages de [39], [40], [41], la flore numérique de [42] et la base de données en ligne des Conservatoire et Jardin botanique de la ville de Genève (http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/). La nomenclature adoptée est celle de la classification phylogénétique [43].

2.2.1.3 METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

Les fiches de relevés floristiques ont été dépouillées manuellement. Les données obtenues ont été saisies dans une feuille de calcul du logiciel EXCEL 2010. Des rapports de tableau croisé dynamique ont été utilisés d'une part pour synthétiser et analyser ces données selon les différentes perspectives et d'autre part pour comparer les chiffres des données similaires.

DIVERSITÉ FLORISTIQUE

La diversité floristique a été évaluée à l'aide de la richesse spécifique (α-diversité), de la diversité en genres et en familles.

STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION

La structure de la végétation a été étudiée à travers la densité moyenne des ligneux (N), la surface terrière du peuplement (G) et la distribution des tiges par classes de diamètres. Ces paramètres ont été utilisés par [44] pour étudier la diversité floristique du Parc National de la Marahoué. D'autres auteurs comme [45] ont également eu recours à ces paramètres pour étudier le dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé dans le Sud de la Côte d'Ivoire.

La densité moyenne des ligneux (N) d'un peuplement est le rapport entre le nombre total de ses individus ligneux et la surface totale échantillonnée (en ha). Elle s'exprime suivant la formule :

$$N = \frac{n}{S} \ (1)$$

Où **n** est le nombre total d'individus ligneux inventoriés et **S** est l'aire totale échantillonnée.

La surface terrière d'un peuplement (G) est la somme des surfaces terrières (g_i) de ses individus ligneux rapportée à la surface totale échantillonnée (**S**). En d'autres termes, c'est le rapport entre la surface (m^2) occupée par les sections transversales de ses individus ligneux à 1,30 m du sol et la surface totale échantillonnée (en ha). Elle s'exprime en m^2/ha et est obtenue par la formule suivante :

$$G=\frac{1}{S} \times \sum g_i = \frac{1}{S} x \frac{\sum \pi d_i^2}{4} \ (\mathbf{2})$$

où $\mathbf{g_i}$ est la surface terrière (en m^2) de l'individu ligneux **i** ; $\mathbf{d_i}$ est le diamètre à hauteur de poitrine d'homme (en mètre) de l'arbre **i** ; **S** est la superficie totale échantillonnée (en hectare) et **π** est égal à 3,1416.

L'histogramme de la structure diamétrique de chaque site a été réalisé en répartissant les individus ligneux inventoriés autour de chaque rucher au sein des classes de diamètres suivantes : [3 ; 10 cm [, [10 ; 20 cm [, [20 ; 30 cm [, [30 ; 40 cm [et [40 cm ; +∞[. L'analyse de l'histogramme de la structure diamétrique du peuplement permet d'apprécier le degré de perturbation ou de conservation du milieu [45]**.** En effet, la forme de la courbe produite par cet histogramme renseigne sur le potentiel de régénération du milieu. Ainsi, la forme de «J inversé » est caractéristique d'un milieu perturbé avec un bon potentiel de régénération tandis qu'une forme de «J normal » reflète un milieu bien conservé avec un mauvais état de régénération.

ÉVALUATION DE L'IMPORTANCE RELATIVE DE LA FLORE

Les espèces et les familles écologiquement prédominantes ont été déterminées à l'aide de l'Indice de Valeur d'Importance des espèces (I.V.I. esp.) et de l'Indice de Valeur d'Importance des familles (I.V.I. fam.) [46], [47]**.** Dans une zone donnée, ces indices permettent de connaître la contribution de chaque espèce ou chaque famille au potentiel floristique [48], [33]. En d'autres termes, ils permettent d'apprécier l'importance ou la prépondérance d'une espèce ou d'une famille par rapport à l'ensemble des espèces ou des familles au sein d'une végétation [49]. Le calcul de ces indices prend en compte trois paramètres [50], [51]. Il s'agit de la densité relative (DeR) qui renseigne sur le nombre d'individus de chaque espèce ou de chaque famille, de la dominance relative (DoR) qui renseigne sur la surface terrière de chaque espèce ou de chaque famille et de la fréquence relative (FrR) qui renseigne sur la dispersion des individus de l'espèce ou de la famille sur le terrain [51]. L'I.V.I. esp. et l'I.V.I. fam. s'obtiennent alors par la somme de ces paramètres, soit par les formules suivantes :

$$I.V.I.esp = D_eR_{esp} + D_oR_{esp} + F_rR_{esp} = \left[\left(\frac{n_i}{\sum n_i}\right) + \left(\frac{d_i}{\sum d_i}\right) + \left(\frac{f_i}{\sum f_i}\right)\right] \times 100 \ (3)$$

$$I.V.I.fam = D_eR_{fam} + D_oR_{fam} + F_rR_{fam} = \left[\left(\frac{n_i}{\sum n_i}\right) + \left(\frac{d_i}{\sum d_i}\right) + \left(\frac{f_i}{\sum f_i}\right)\right] \times 100 \ (4)$$

Avec : $\mathbf{n_i}$ = nombre d'individus de l'espèce **i** ou de la famille **i**, $\mathbf{g_i}$ = surface terrière de l'espèce **i** ou de la famille **i** et $\mathbf{f_i}$ = nombre de placettes renfermant l'espèce **i** ou la famille **i**.

La surface terrière ($\mathbf{g_i}$) ou dominance absolue ou encore aire basale d'une espèce ou d'une famille est la somme des surfaces terrières (en m^2) de tous ses individus recensés. Elle est exprimée en m^2. Les espèces et les familles prépondérantes ou écologiquement dominantes sont celles dont I.V.I. ≥ 10% [27], [29], [52]**.**

Quant aux espèces et familles rares, elles ont été déterminées à l'aide de l'Indice de raréfaction. L'intérêt de cet indice réside dans le fait qu'il permet de mettre en évidence les familles et les espèces rares afin d'envisager des modes de préservation spécifiques et urgents. Cet indice a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$I.R = [1 - (\frac{n_i}{N})] \times 100 \quad (5)$$

Avec **I.R.** = indice de raréfaction, $\mathbf{n_i}$ = nombre de placettes dans lesquelles l'espèce **i** ou la famille **i** est présente et **N** = nombre total de placettes.

Les espèces et les familles rares sont celles dont I.R. > 80% [53], [33], [54], [55].

2.2.1.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Les moyennes des paramètres dendrométriques (densité et surface terrière) ont été comparées d'un site à l'autre et d'un type de formation végétale à un autre en faisant des tests d'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) avec le logiciel STATISTICA 7.1. La normalité des données et l'homogénéité des variances ont été vérifiées au préalable en utilisant respectivement le test de Shapiro-Wilk et le test de Cochran, Hartley, Bartlett. La significativité a été appréciée au seuil de 5% (p-value ≤ 0,05) et lorsqu'une différence significative a été observée pour un paramètre donné, le test de Fisher a été réalisé pour distinguer les groupes homogènes.

3 RESULTATS

3.1 DIVERSITE FLORISTIQUE

L'inventaire floristique réalisé autour des deux ruchers a permis de recenser quatre-vingt-seize (96) espèces ligneuses appartenant à 72 genres et 30 familles botaniques (Tableau 1). La flore environnant le rucher de Tiébila est riche de 71 espèces regroupées en 62 genres. En ce qui concerne le site de Nafoun, ce sont 76 espèces reparties en 56 genres qui ont été recensées. Au niveau de chaque site, les espèces identifiées se répartissent dans 27 familles botaniques.

Tableau 1. Paramètres de diversité floristique des différents sites

Paramètres floristiques	Sites		
	Nafoun	Tiébila	Nafoun et Tiébila
Nombre d'espèces	76	71	96
Nombre de genres	56	62	72
Nombre de familles	27	27	30

3.2 STRUCTURE DE LA VEGETATION DES ZONES

3.2.1 CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES

Les valeurs de la densité moyenne des tiges et celles de la surface terrière sont présentées par site d'une part (Tableau 2) et en fonction des différents types de formation végétale d'autre part (Tableau 3).

Les densités des tiges suivantes ont été observées respectivement pour les sites de Nafoun, Tiébila et l'ensemble des deux sites : 1548 ± 759,62 tiges/ ha, 1416 ± 547,94 tiges/ ha et 1482 ± 657,15 tiges/ ha. Pour ces sites, les valeurs de la surface terrière sont respectivement 11,65 ± 4,68 m^2/ha, 14,73 ± 6,74 m^2/ha et 13,19 ± 5,94 m^2/ha.

Tableau 2. Paramètres dendrométriques des différents sites

Paramètres dendrométriques	Sites			
	Nafoun	Tiébila	Nafoun et Tiébila	p
Densité (tiges/ha)	1548 ± 759,62a	1416 ± 547,94a	1482 ± 657,15	0,532
Surface terrière (m^2/ha)	11,65 ± 4,68a	14,73 ± 6,74a	13,19 ± 5,94	0,101

Dans chaque ligne, les valeurs moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Fisher)

Au niveau des types de formations végétales, la densité moyenne des ligneux varie à l'échelle d'une placette de 500 m^2 entre 580 ± 0,00 tiges/ ha pour la savane herbeuse et 1891,43 ± 726,53 tiges/ ha en forêt claire (Tableau 3). En ce qui concerne la surface terrière, les valeurs sont comprises entre 3,40 ± 1,13 m^2/ha dans la savane herbeuse et 21,37 ± 5,63 m^2/ha en forêt claire (Tableau 3).

Tableau 3. Paramètres dendrométriques des différents types de formation végétale

Paramètres dendrométriques	Types de formation végétale					
	Forêt claire	Savane arborée	Savane arbustive	Savane herbeuse	Jachère	p
Densité (tiges/ha)	1891,43±726,53b	1153,33±367,83a	1708,24±649,43b	580±0,00a	1000±84,85a,b	0,007
Surface terrière (m^2/ha)	21,37±5,63c	12,31±5,15a	11,76 ± 3,14a	3,40±1,13b	11,74±4,96a,b	0,000

Dans chaque ligne, les valeurs moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Fisher)

L'étude statistique des paramètres dendrométriques révèle que la densité moyenne des tiges et la surface terrière présentent des différences significatives selon le type de formation végétale (Tableau 3). Cependant ces paramètres ne varient pas de façon significative selon les sites (Tableau 2).

Les dix (10) espèces ayant le plus grand nombre d'individus par unité de surface sont *Terminalia laxiflora* (136,50 tiges/ha), *Detarium senegalense* (129 tiges/ha), *Isoberlinia doka* (84 tiges/ha), *Piliostigma thonningii* (66 tiges/ha), *Cassia sieberiana* (64 tiges/ha), *Annona senegalensis* (58 tiges/ha), *Afrormosia laxiflora* (52,50 tiges/ha), *Terminalia glaucescens* (46,50 tiges/ha), *Gmelina arborea* (45,50 tiges/ha) et *Acacia catechu* (39,50 tiges/ha).

Les dix espèces ayant les plus grandes aires basales par unité de surface sont *Isoberlinia doka* (1,97 ± 3,57 m^2/ha), *Anogeissus leiocarpa* (1,14 m^2/ha), *Terminalia laxiflora* (1,04 m^2/ha), *Gmelina arborea* (0,78 m^2/ha), *Parkia biglobosa* (0,78 m^2/ha), *Detarium senegalense* (0,70 m^2/ha), *Pterocarpus erinaceus* (0,50 m^2/ha), *Afrormosia laxiflora* (0,50 m^2/ha), *Terminalia glaucescens* (0,49 m^2/ha) et *Piliostigma thonningii* (0,39 m^2/ha).

3.2.2 STRUCTURE DIAMETRIQUE DE LA VEGETATION

La distribution des tiges par classes de diamètres selon les sites de Nafoun et Tiébila (Fig. 3) indique une divergence structurale qui n'est pas nettement mise en évidence par la densité moyenne des tiges. En effet, l'allure des histogrammes présente deux phases. Dans la première phase ([3 ; 10 cm [), le nombre de tiges est plus important sur le site de Nafoun. Dans la deuxième phase ([10 cm ; +∞ [), c'est plutôt le site de Tiébila qui possède le plus grand nombre de tiges.

La structure diamétrique de la végétation pour chaque site présente une allure de « J inversé » (Fig. 3**)**. Sur l'ensemble des sites, la classe de diamètres [3 ; 10 cm [est la plus abondante avec 74,73% des tiges. Les classes de diamètres intermédiaires ([10 ; 20 cm [et [20 ; 30 cm [) regroupent 23,75% des tiges. Quant aux classes de diamètres supérieures ([30 ; 40 cm [et [40 cm ; +∞[), elles ne cumulent que 1,52% des tiges.

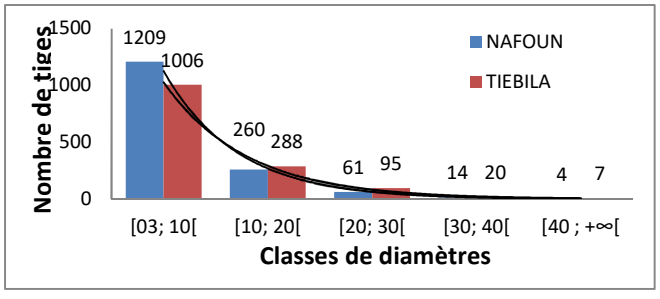


Fig. 3. Histogramme de la distribution des tiges dans les classes de diamètres selon les sites

La répartition des individus ligneux par classe de diamètres dans les différents types de formations végétales rencontrés autour des ruchers est présentée par la figure 4. Les histogrammes obtenus présentent la forme de « J inversé » pour la forêt claire, la savane arborée, la savane arbustive et la savane herbeuse. Tous ces types de formations végétales présentent une diminution régulière du nombre de tiges lorsqu'on passe des classes de petits diamètres aux classes de diamètres supérieures.

Cette structure en « J inversé » n'est pas nettement perçue dans la jachère. La proportion des tiges appartenant à la classe de diamètres [3 ; 10 cm [varie dans les biotopes naturels entre 67,92 % au niveau de la savane arborée et 77,89 % pour la savane arbustive. En ce qui concerne le biotope jachère, cette proportion est de 94 %.

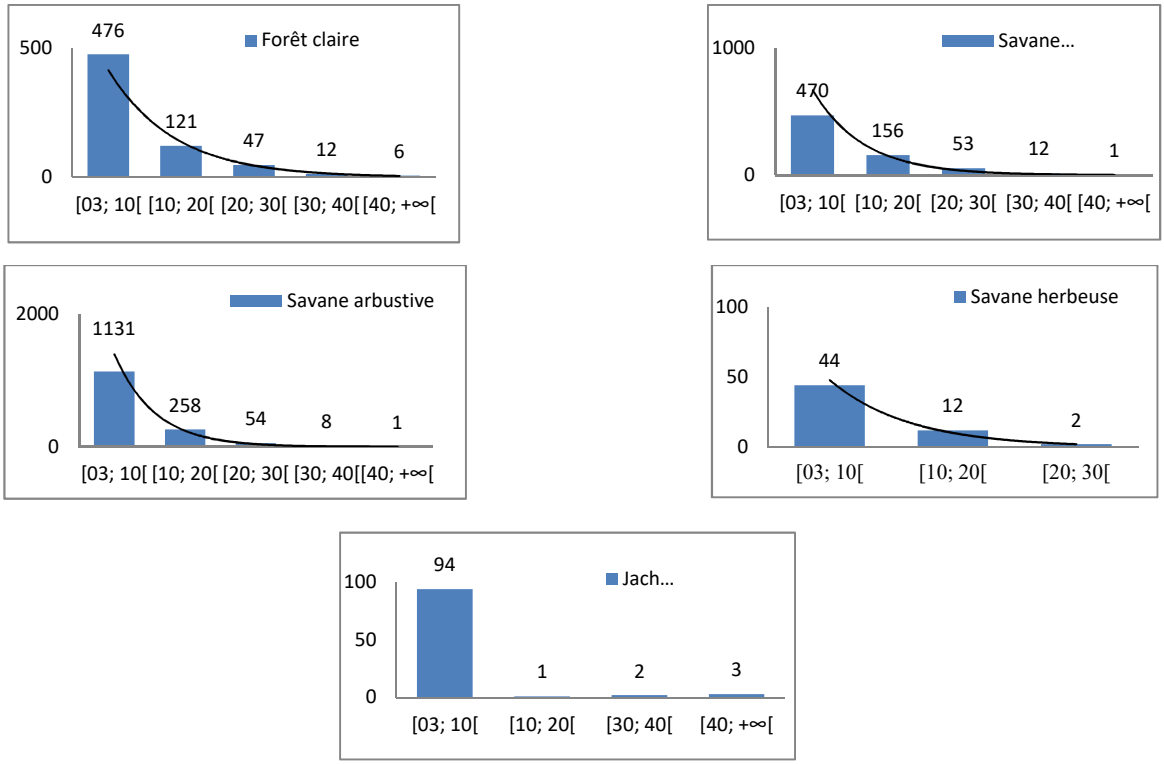


Fig. 4. Histogrammes de la distribution des tiges dans les classes de diamètres selon les types de formations végétales

Quinze espèces occupent les classes de gros diamètres (à partir de 30 cm). Il s'agit de : *Afrormosia laxiflora, Afzelia africana, Albizia zygia, Anogeissus leiocarpa, Cola cordifolia, Daniellia oliveri, Gmelina arborea, Isoberlinia doka, Lannea velutina, Parkia biglobosa, Pterocarpus erinaceus, Sterculia setigera, Terminalia avicennioides, Terminalia laxiflora* et *Vitex doniana.*

3.3 IMPORTANCE RELATIVE DE LA FLORE

3.3.1 ESPECES ET FAMILLES PREPONDERANTES

Au total, huit espèces soit 8,33 % des espèces recensées sont écologiquement importantes. Il s'agit de celles pour lesquelles l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) est supérieur ou égal à 10. Ces espèces sont consignées dans le tableau 4. La somme de leurs IVI est de 117,04. Ce qui correspond à une contribution de 39,01 % par rapport à l'ensemble des espèces ligneuses.

Tableau 4. Espèces prépondérantes et leur indice de valeur d'importance

Espèces	Densité Relative	Dominance Relative	Fréquence Relative	Indice de Valeur d'Importance
			%	
Isoberlinia doka	5,67	14,91	2,21	22,79
Terminalia laxiflora	9,21	7,92	5,06	22,19
Detarium senegalense	8,70	5,28	3,48	17,46
Anogeissus leiocarpa	2,46	8,62	2,05	13,14
Piliostigma thonningii	4,45	2,94	3,32	10,71
Gmelina arborea	3,07	5,94	1,42	10,44
Parkia biglobosa	1,21	5,93	3,16	10,31
Afrormosia laxiflora	3,54	3,77	2,69	10,00
Total	38,33	55,33	23,28	117,04

Les familles ayant une forte importance écologique sont au nombre de huit, soit 26,67 % des familles recensées. Avec un Indice de Valeur d'Importance cumulé de 238,53 (Tableau 5), ces familles contribuent à 79,51 % à la structure de la flore ligneuse.

Tableau 5. Familles prépondérantes et leur indice de valeur d'importance

Familles	Densité Relative	Dominance Relative	Fréquence Relative	Indice de Valeur d'Importance
		%		
Fabaceae	38,16	47,39	11,40	96,94
Combretaceae	20,01	23,64	10,54	54,19
Rubiaceae	7,49	4,19	9,69	21,37
Lamiaceae	4,15	7,32	5,41	16,88
Phyllanthaceae	5,20	3,70	5,13	14,02
Apocynaceae	4,42	0,98	7,12	12,52
Annonaceae	4,32	0,61	7,12	12,05
Anacardiaceae	2,19	2,95	5,41	10,56
Total	85,93	90,77	61,82	238,53

***DeR :** densité relative (en %), **DoR :** dominance relative (en %), **FrR :** fréquence relative (en %), **IVI :** Indice de Valeur d'Importance des espèces (en %)*

3.3.2 ESPECES ET FAMILLES RARES

Au total, 63 espèces soit 65,63 % des espèces recensées sont écologiquement rares (Tableau 6). Ce sont celles pour lesquelles l'Indice de Raréfaction (IR) est supérieur à 80 %. Parmi ces espèces rares, 52 ont un Indice de Raréfaction (IR) supérieur ou égal à 90 %.

Tableau 6. Espèces rares et leur indice de raréfaction

Espèces	IR	Espèces	IR	Espèces	IR
Acacia macrostachya	97,50	*Ochna schweinfurthiana*	97,50	*Cola cordifolia*	92,50
Acacia pennata	97,50	*Oncoba spinosa*	97,50	*Cussonia barteri*	92,50
Acacia polyacantha	97,50	*Phyllanthus discoideus*	97,50	*Phyllanthus muellerianus*	92,50
Afzelia africana	97,50	*Rourea minor*	97,50	*Sterculia setigera*	92,50
Anacardium occidentale	97,50	*Secamone afzelii*	97,50	*Combretum lamprocarpum*	90,00
Anthocleista djalonensis	97,50	*Securinega virosa*	97,50	*Combretum molle*	90,00
Cissus aralioides	97,50	*Tamarindus indica*	97,50	*Dichrostachys cinerea*	90,00
Cissus quadrangularis	97,50	*Tricalysia bracteata*	97,50	*Ficus gnaphalocarpa*	90,00
Clematis hirsuta	97,50	*Trichilia emetica*	97,50	*Parinari curatellifolia*	90,00
Clerodendrum capitatum	97,50	*Trichilia roka*	97,50	*Uvaria chamae*	90,00
Combretum nigricans	97,50	*Acacia albida*	95,00	*Canthium venosum*	87,50
Embelia guineensis	97,50	*Albizia zygia*	95,00	*Cissus populnea*	87,50
Ficus exasperata	97,50	*Erythrina senegalensis*	95,00	*Ficus vallis-choudae*	87,50
Ficus polita	97,50	*Hymenocardia acida*	95,00	*Flacourtia flavescens*	87,50
Khaya grandifoliola	97,50	*Lannea microcarpa*	95,00	*Syzygium guineense*	87,50
Lonchocarpus sericeus	97,50	*Strychnos innocua*	95,00	*Antidesma venosum*	85,00
Lophira lanceolata	97,50	*Tricalysia okelensis*	95,00	*Strychnos spinosa*	85,00
Maytenus senegalensis	97,50	*Allophylus africanus*	92,50	*Uapaca somon*	85,00
Mitragyna inermis	97,50	*Anthonotha macrophylla*	92,50	*Holarrhena floribunda*	82,50
Morinda lucida	97,50	*Carissa edulis*	92,50	*Opilia celtidifolia*	82,50
Ochna membranacea	97,50	*Cassia siamea*	92,50	*Terminalia avicennioides*	82,50

IR : Indice de raréfaction des espèces (en %)

Concernant les familles, 15, soit 50% de ce niveau taxonomique sont rares (Tableau 7) puisqu'ayant un Indice de Raréfaction (IR) supérieur à 80 %. Pour deux de ces familles, l'Indice de Raréfaction est supérieur ou égal à 90 %.

Tableau 7. Familles rares et leur indice de raréfaction

Familles	IR	Familles	IR
Celastraceae	97,50	*Sapindaceae*	92,50
Connaraceae	97,50	*Chrysobalanaceae*	90,00
Gentianaceae	97,50	*Malvaceae*	87,50
Primulaceae	97,50	*Myrtaceae*	87,50
Ranunculaceae	97,50	*Salicaceae*	85,00
Ochnaceae	95,00	*Vitaceae*	85,00
Araliaceae	92,50	*Opiliaceae*	82,50
Meliaceae	92,50		

IR : Indice de raréfaction des familles (en %)

4 DISCUSSION

La richesse floristique obtenue (96 espèces) diffère de celle révélée par certains travaux effectués dans d'autres zones phytogégraphiques en Côte d'Ivoire [32], au Sénégal [56] et au Niger [57]. Ces différences pourraient s'expliquer par les conditions climatiques qui peuvent être plus ou moins favorables.

La densité des peuplements ligneux autour de deux ruchers expérimentaux installés à l'intérieur de la forêt classée de Badenou est plus élevée que celles trouvées par [58] et [52]. En effet, la référence [58] montre des densités moyennes de 335 tiges/ha en forêt claire et 380 tiges/ha en savane boisée dans la région de Wari-Maro- Igbomakro au centre du Bénin. Quant à la référence [52], elle indique une densité moyenne de 449 tiges/ha dans les îlots forestiers communautaires de la basse vallée de la Sô au Sud-Est du Bénin. Cette différence pourrait s'expliquer par le diamètre à hauteur de poitrine minimum considéré par les différents auteurs pour leurs études respectives. En effet, ce diamètre qui est de 3 cm dans notre étude est plus élevé chez [58] (10 cm) et [52] **(**7,5 cm). Un autre facteur pouvant contribuer à cette différence est le niveau de conservation de ces écosystèmes. En effet, la référence [4] montre un dynamisme positif de la végétation naturelle de la forêt classée de Badenou avec une augmentation sensible des formations boisées. Par contre, la référence [58] signale la dégradation des formations naturelles de sa zone d'étude du fait des activités anthropiques.

Trois espèces (*Cassia sieberiana, Annona senegalensis* et *Acacia catechu*) parmi les 10 ayant le plus grand nombre d'individus par unité de surface ne figurent pas sur la liste des 10 espèces présentant les plus grandes aires basales par unité de surface. Cette situation s'explique par le fait que les individus de ces espèces sont pour la plupart de petits diamètres. De même, trois espèces (*Anogeissus leiocarpa, Parkia biglobosa* et *Pterocarpus erinaceus*) parmi les 10 possédant les plus grandes aires basales par unité de surface ne figurent pas sur la liste des 10 espèces ayant le plus grand nombre d'individus par unité de surface. En effet, les individus de ces trois espèces, bien que peu abondants, sont pour la plupart de grands diamètres.

A l'échelle des sites, la répartition des individus dans les classes de diamètre révèle une diminution progressive du nombre d'individus en partant des petits diamètres vers de gros diamètres. En effet, les plus petits diamètres ([3 ; 10 cm [) ont le plus grand effectif avec 2215 individus (74,73% des tiges). Les individus dont le diamètre des tiges est supérieur à 40 cm ne représentent que 0,37% des tiges. Les graphes qui en découlent présentent une allure en « J inversé ». Ces distributions exponentielles décroissantes sont caractéristiques d'un bon potentiel de régénération [45]. La même structure en « J inversé » est observée au niveau des différents types de formation végétale à l'exception de la jachère. La tendance observée pour la jachère pourrait être le fait de la forte perturbation du milieu [58] et des pratiques agroforestières traditionnelles qui consistent à conserver sur les parcelles cultivées quelques individus ligneux d'espèces particulièrement utiles. Toutefois, cette formation végétale possède un bon potentiel de régénération puisque 94% de ses tiges se concentrent dans la classe [3 ; 10 cm [.

Parmi les espèces recensées, huit ont un Indice de Valeur d'Importance (IVI) supérieur ou égal à 10 et sont ainsi écologiquement importantes. Il s'agit de *Isoberlinia doka, Terminalia laxiflora, Detarium senegalense, Anogeissus leiocarpa, Piliostigma thonningii, Gmelina arborea, Parkia biglobosa* et *Afrormosia laxiflora.* Dans la zone de transition forêts-savanes de Côte d'Ivoire (Département de Dimbokro), une liste de cinq espèces à forte importance écologique a été établie par [33]. Sur cette liste, trois espèces (*Terminalia laxiflora, Bridelia ferruginea* et *Ficus sur*) figurent sur la liste floristique générale obtenue dans cette étude et une seule (*Terminalia laxiflora*) se retrouve parmi nos espèces écologiquement prépondérantes. Dans le nord-est de la Côte d'Ivoire, neuf espèces avec un IVI supérieur ou égal à 10 ont été relevées par [47]. Six de ces espèces sont présentes sur notre liste floristique générale. Il s'agit de *Afzelia africana, Holarrhena floribunda, Lannea acida, Butyrospermum parkii, Lophira lanceolata* et *Parkia biglobosa.* Toutefois, la liste des espèces prépondérantes de [47] et la nôtre n'ont que *Parkia biglobosa* en commun. En zone de savane, 14 espèces ayant une forte importance écologique dont 12 se retrouvent sur notre liste floristique générale ont été notées par [59]. Cinq espèces sont à la fois sur notre liste des espèces écologiquement

importantes et sur celle de [59]. Ce sont : *Isoberlinia doka, Afrormosia laxiflora, Piliostigma thonningii, Detarium senegalense* et *Anogeissus leiocarpa.*

Huit familles sont écologiquement importantes autour des deux ruchers. Ce sont : *Fabaceae, Combretaceae, Rubiaceae, Lamiaceae, Phyllanthaceae, Apocynaceae, Annonaceae, Anacardiaceae*. Six de ces familles figurent également parmi les dix qui ont été signalées comme prépondérantes par [47]**,** dans le nord-est de la Côte d'Ivoire. Il s'agit des *Fabaceae, Phyllanthaceae, Combretaceae, Apocynaceae, Rubiaceae* et *Anacardiaceae.* Parmi les huit familles trouvées écologiquement importantes dans cette étude, quatre (*Fabaceae, Combretaceae, Rubiaceae* et *Anacardiaceae*) sont également prépondérantes selon les travaux de [59]. En plus de ces quatre familles, [59] a signalé les familles prépondérantes suivantes : *Caesalpiniaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae* et *Chrysobalanaceae.* Ces familles ne sont pas écologiquement importantes sur notre site. Toutefois, il faut noter que le cas des *Euphorbiaceae*, des *Caesalpiniaceae* et des *Mimosaceae* est lié au fait que nous n'avons pas utilisé le même système de classification taxonomique que [59]. En effet, nous avons employé la classification APG IV alors que la référence [59] a utilisé la classification de Cronquist. Or, avec la classification APG IV, de nombreuses espèces d'*Euphorbiaceae* selon la classification de Cronquist se retrouvent dans la famille des *Phyllanthaceae* (famille écologiquement importante sur le site de la présente étude). De même la famille des *Caesalpiniaceae* et celle des *Mimosaceae* qui existent dans la classification de Cronquist, correspondent dans la classification APG IV aux sous-familles des *Caesalpinioideae* et des *Mimosoideae* et constituent avec la sous-famille des *Faboideae* la famille des *Fabaceae,* qui est aussi prépondérante dans notre étude.

En attendant la confirmation par les résultats de l'identification des plantes dont les fleurs sont butinées par les abeilles, la flore ligneuse environnant les deux ruchers est potentiellement mellifère. Sa diversité moyenne et sa forte densité constituent un atout majeur pour l'apiculture car elles sont susceptibles de fournir aux abeilles des ressources florales abondantes et variées, nécessaires pour une production importante de miel.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis de montrer que le site d'étude et, par ricochet, la forêt classée de Badenou dispose d'une flore ligneuse moyennement diversifiée en termes de nombre d'espèces, de genres et de familles. L'environnement des deux ruchers présente une forte densité de ligneux, une surface terrière moyenne et une prédominance des individus jeunes. En considérant que cette flore ligneuse est potentiellement mellifère, l'ensemble de ces caractéristiques structurales constitue un atout considérable pour une apiculture intensive dans la zone. En effet, cette flore est susceptible de fournir aux abeilles des ressources florales abondantes et variées. L'étude a également permis de distinguer huit espèces et huit familles prépondérantes. Le projet de développement de l'apiculture envisagé à ses alentours au profit des populations riveraines est une option à encourager vivement. En effet, en pratiquant l'apiculture autour de la forêt classée, les populations riveraines auraient un revenu supplémentaire issu de la vente des produits de la ruche et directement dépendant de l'existence de la forêt. Pour pérenniser leur nouvelle source de revenu (l'apiculture), elles devraient protéger la flore qui abrite les espèces butinées par les abeilles et par conséquent préserver la biodiversité végétale de la forêt.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Direction Générale de la SODEFOR et son Centre de Gestion de Korhogo pour avoir accepté la réalisation de cette étude dans la forêt classée de Badenou.

REFERENCES

[1] D. A. Zadou, I. Koné, V. K. Mouroufié, C. Y. A. Yao, E. K. Gleanou, Y. A. Kablan, D. Coulibaly et J. G. Ibo, ''Valeur de la forêt des Marais Tanoé Ehy (Sud-est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation: dimension socio-anthropologique, '' *Tropical Conservation Science,* vol. 4, no. 4, pp. 373-385, 2011.

[2] N'. Kouamé, B. H. F. Tra, T. D. Etien et D. Traoré, ''Végétation et flore de la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire,'' *Revue CAMES,* vol. 00, pp. 28-35, 1998.

[3] Y. T. Brou, J. Oszwald, S. Bigot et E. Servat, ''Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en côte d'Ivoire: Quel avenir pour ces derniers massifs forestiers ?, '' *Télédétection,* vol. 5, no. 1-2-3, pp. 105-121, 2005.

[4] E. N'guessan, H. D. N'da, M.-F. Bellan et F. Blasco, ''Pression anthropique sur une réserve forestière en côte d'Ivoire : apport de la télédétection,'' *Télédétection,* vol. 4, no. 5, pp. 307-323, 2006.

[5] N. J. Kassi, E. Aké-Assi, et M. S. Tiébré, ''Biodiversité végétale et vitesse de la régénération de la forêt classée de Sanaimbo (Côte d'Ivoire),'' *Sciences & Nature,* vol. 7, no. 2, pp. 195-206, 2010.

[6] F. A. Vanga, ''Impact socio-écologique de la cogestion de la forêt classée de Sanvan (Centre de la Côte d'Ivoire),'' *Agronomie Africaine,* vol. 23, no. 2, pp. 139-145, 2011.

[7] B. Z. B. Goné, D. Kouamé, I. Koné et C. Y. A. Yao, ''Diversité végétale et valeur de conservation pour la biodiversité du Parc National du Mont Péko, une aire protégée menacée de disparition en Côte d'Ivoire,'' *Journal of Applied Biosciences,* no. 71, pp. 5753-5762, 2013.

[8] M. Koné, K. Kouadio, Y. L. Kouadio, D. F. R. Neuba et D. F. Malan, ''Dégradation de la forêt dense humide tropicale, cas de la région de l'indénié-Djuablin à l'est de la Côte d'Ivoire,'' *Journal of Animal & Plant Sciences,* vol. 21, no. 3, pp. 3324-3338, 2014.

[9] D. F. Malan, ''Utilisations traditionnelles des plantes et perspective de cogestion des aires protégées de Côte d'Ivoire : cas du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire),'' Thèse de Doctorat, UFR Sciences de la Nature/ Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 220 p, 2008.

[10] H. D. N'da, E. K. N'guessan, M. E. Wadja et K. Affian, ''Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire),'' *Revue Télédétection,* vol. 8, no. 1, pp. 17-34, 2008.

[11] N. J. Kassi, R. H. Kouassi et D. O. Yongo, ''Analyse de la flore de la forêt classée de Sanaimbo à Bongouanou-Dimbokro (Côte d'Ivoire),'' *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 6, no. 5, pp. 2139-2148*,* 2012.

[12] K. E. Konan et K. C. Mafou, ''Apport de la télédétection et des SIG dans l'étude de la pression humaine sur la forêt classée d'Okromodou, sud-ouest ivoirien,'' *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement,* no. 1, pp. 40-46, 2015.

[13] N. Ouattara, ''Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d'Ivoire (Zone de Savanes),'' *Atelier sous-régional FAO/IPGRI/CIRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998).* Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document FGR/5F. Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières, FAO. Rome, Italie, 43 p, 2001.

[14] Affoué, Y., *La forêt classée de Badenou*, In : N. Ouattara et D. Louppe (Eds.), *Rapport final, Cinquième réunion tripartite Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali (Korhogo, 21-23 mars 1995)*, IDEFOR, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 1-11, 1995.

[15] D. P. Peter, *L'apiculture*. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. Versailles, France ; Wageningen, Pays-Bas ; Gembloux, Belgique, 158 p., 2008.

[16] E. J. B. Ohoueu, E. N. Wandan, D. Koné, B. A. Assiélou et A. Dembélé, ''Impact de l'utilisation des produits phytosanitaires en production cotonnière et cacaoyère sur la production apicole en Côte d'Ivoire,'' *European Scientific Journal,* vol. 13, no. 9, pp. 42-55, 2017.

[17] F.-N. T. Fohouo, D. Djonwangwe, J. Messi et D. Brückner, ''Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera adansonii* Latreille (Apidae) sur les fleurs de *Helianthus annuus* (Asteraceae) à Ngaoundéré (Cameroun),'' *Cameroon Journal of Experimental Biology,* vol. 05, no. 01, pp. 1-9, 2009.

[18] D. Djonwangwe, F.-N. T. Fohouo, J. Messi and D. Brückner, ''Foraging and pollination activities of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Apidae) on *Syzygium guineense* var. *guineense* (Myrtaceae) flowers at Ngaoundéré (Cameroon),'' *Journal of Animal & Plant Sciences,* vol. 10, no. 3, pp. 1325-1333, 2011.

[19] D. Djonwangwe, F.-N. T. Fohouo, J. Messi et D. Brückner, ''Impact de l'activité de butinage de *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) sur la pollinisation et la chute des jeunes fruits du karité *Vitellaria paradoxa* (Sapotaceae) à Ngaoundéré (Cameroun),'' *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 5, no. 4, pp. 1538-1551, 2011.

[20] B. Villières, *L'apiculture en Afrique tropicale*. GRET, Paris, France, 220 p., 1987.

[21] K. Sokemawu, ''Apport de l'activité apicole dans la lutte contre la pauvreté en milieu paysan (région centrale-Togo),'' *Regardsuds,* no. 1, pp. 81-99, 2016.

[22] M. Biri, *Le grand livre des abeilles, cours d'apiculture moderne*. Éditions de Vecchi S.A. Paris, France, 249 p., 2002.

[23] D. N. Dongock, J. Tchoumboué, J. Y. Pinta et P. Zango, ''Caractéristiques polliniques des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun,'' *Tropicultura,* vol. 26, no. 3, pp. 150-154, 2008.

[24] O. R. Balagueman, B. Y. Detchi, S. S. H. Biaou, C. Kanlindogbe et A. K. Natta, ''Diversité de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin,'' *Annales de l'Université Parakou, Série « Sciences Naturelles et Agronomie »,* vol. 7, no. 1, pp. 64-72, 2017.

[25] M. Bakenga, M. Bahati et K. Balagizi, ''Inventaire des plantes mellifères de Bukavu et ses environs (Sud-Kivu, Est de la République Démocratique du Congo),'' *Tropicultura,* vol. 18, no. 2, pp. 89-93, 2000.

[26] M. Sawadogo et S. Guinko, ''Détermination des périodes de disponibilité et de pénurie alimentaires pour l'abeille *Apis mellifica adansonii* Lat. dans la région ouest du Burkina Faso,'' *Journal des Sciences,* vol. 1, no. 2, pp. 1-8, 2001.

[27] I. Nombre, ''Etude des potentialités mellifères de deux zones du Burkina Faso Garango, (Province du Boulgou) et Nazinga (Province du Nahouri),'' Thèse de Doctorat, UFR Sciences de la Vie et de la Terre/ Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 156 p., 2003.

[28] D. N. Dongock, J. Foko, J. Y. Pinta, L. V. Ngouo, J. Tchoumboué et P. Zango, ''Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéene d'altitude de l'ouest Cameroun,'' *Tropicultura,* vol. 22, no. 3, pp. 139-145, 2004.

[29] H. Yédomonhan, ''Plantes mellifères et potentialités de production de miel en zones guinéenne et soudano-guinéenne au Bénin,'' Thèse de Doctorat, École Doctorale Sciences de la Vie / Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 273 p., 2009.
[30] H. Yédomonhan, M. G. Tossou, A. Akoègninou, B. B. Demènou et D. Traoré, ''Diversité des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne : cas de l'arrondissement de Manigri (Centre-Ouest du Bénin),'' *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 3, no. 2, pp. 355-366, 2009.
[31] H. Yédomonhan, A. C. Adomoua, A. Akoègninoua et B. de Foucault, ''Diversité spatiotemporelle des ressources florales autour d'un rucher en zone de végétation de transition soudano-guinéenne au Bénin,'' *Acta Botanica Gallica: Botany Letters,* vol. 159, no. 1, pp. 97-108, 2012.
[32] S. Coulibaly, D. Ouattara, T. T. Edorh, C. M. M. Koudegnan et K. Kamanzi, ''Diversité et configuration de la flore ligneuse autour d'un rucher en zone de transition foret-savane de la Côte d'Ivoire),'' *European Scientific Journal,* vol. 9, no. 6, pp. 227-239, 2013.
[33] S. Coulibaly, ''Potentialités de production mellifère de la flore de transition forêt-savane, en zone guinéenne et caractérisations pollinique et physico-chimique de quelques miels de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest),'' Thèse de Doctorat, UFR Biosciences/ Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire), 194 p., 2014.
[34] B. M. Iritié, E. N. Wandan, A. A. Paraiso, A. Fantodji et L. L. Gbomené, ''Identification des plantes mellifères de la zone agroforestière de l'Ecole Supérieure Agronomique de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire),'' *European Scientific Journal,* vol. 10, no. 30, pp. 444- 458, 2014.
[35] H. K. Yaokokoré-Beibro, B. K. Kassé, O. Soulemane, M. T. Koué-Bi, P. K. Kouassi et K. Foua-Bi, ''Ethnozoologie de la faune mammalogique de la forêt classée de Badenou (Korhogo, Côte d'Ivoire),'' *Agronomie Africaine,* vol. 22, no. 2, pp. 185-193, 2010.
[36] Guillaumet, J.-L. et Adjanohoun, E., *La végétation de la Côte d'Ivoire*, In : J. M. Avenard, E. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J.-L. Guillaumet, E. Adjanohoun et A. Perraud, (Eds.), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*, ORSTOM, Paris, France, pp. 157-266, 1971.
[37] Eldin, M., *Le climat*, In : J. M. Avenard, E. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J.-L. Guillaumet, E. Adjanohoun et A. Perraud, (Eds.), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*, ORSTOM, Paris, France, pp. 73-108, 1971.
[38] INS (Institut National de la Statistique), Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014. Résultats globaux. Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH, Abidjan, Côte d'Ivoire, 26 p., 2014.
[39] L. Aké-Assi, *Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographie et écologie, I*. Éditions des Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, Boissiera 57, Genève, Suisse, 396 p., 2001.
[40] L. Aké-Assi, *Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographie et écologie, II.* Éditions des Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, Boissiera 58, Genève, Suisse, 401 p., 2002.
[41] C. Chatelain, L. Aké Assi, R. Spichiger et L. Gautier, *Cartes de distribution des plantes de Côte d'Ivoire.* Éditions des Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, Boissiera 64, Genève, Suisse, 327 p., 2011.
[42] P. Bonnet, M. Arbonnier et P. Grard, *Ligneux du Sahel*. Cirad, Montpellier, France, CD-Rom, 2005.
[43] APG IV, ''An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants,'' *Botanical Journal of the Linnean Society,* no. 181, pp. 1-20, 2016.
[44] D. H. N'da, Y. C. Y. Adou, K. E. N'guessan, M. Koné et Y. C. Sagné, ''Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire,'' *Afrique Science,* vol. 04, no. 3, pp. 552-579, 2008.
[45] D. Konan, A. Bakayoko, B. F. H. Tra, B. G. A. Bitignon et S. C. Piba, ''Dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, sud de la Côte d'Ivoire,'' *Journal of Applied Biosciences,* no. 94, pp. 8869-8879, 2015.
[46] Y. C. Y. Adou et E. K. N'Guessan, ''Diversité botanique dans le sud du parc national de Taï, Côte d'Ivoire,'' *Afrique Science,* vol. 1, no. 2, pp. 295-313, 2005.
[47] N. D. Ouattara, ''Conservation de la biodiversité végétale au Nord-Est de la Côte d'Ivoire : inventaire floristique des monts, des plantes sauvages comestibles et identification d'espèces prometteuses en agroforesterie dans le Département de Bondoukou,'' Thèse de Doctorat, UFR Sciences de la Nature/ Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 198 p., 2017.
[48] B. T. A. Vroh, Y. C. Y. Adou, D. Kouamé, D. H. N'da et K. E. N'guessan, ''Diversités floristique et structurale sur le site d'une réserve naturelle volontaire à Azaguié, Sud-est de la Côte d'Ivoire,'' *European Journal of Scientific Research,* vol. 45, no. 3, pp. 411-421, 2010.
[49] L. Traoré, I. Ouédraogo, A. Ouédraogo et A. Thiombiano, ''Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso,'' *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 5, no. 1, pp. 258-278, 2011.
[50] M. E. Dossou, O. T. Lougbégnon, G. L. Houessou, S. O. Teka et A. H. B. Tente, ''Caractérisation phytoécologique et structurale des groupements végétaux de la forêt marécageuse d'Agonvè et de ses milieux connexes au Sud-Bénin,'' *Journal of Applied Biosciences,* no. 53, pp. 3821-3830, 2012.

[51] K. A. D. Koffi, Y. C. Y. Adou, B. T. A. Vroh, A. Gnagbo et K. E. N'Guessan, ''Diversités floristique et structurale des espaces anciennement cultivés du Parc National d'Azagny (Sud de la Côte d'Ivoire),'' *European Journal of Scientific Research,* vol. 134, no. 4, pp. 415-427, 2015.

[52] J. B. Adjakpa, H. Yédomonhan, L. E. Ahoton, P. D. M. Weesie et L. E. Akpo, ''Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la Basse vallée de la Sô au Sud-Est du Bénin,'' *Journal of Applied Biosciences,* no. 65, pp. 4902-4911, 2013.

[53] B. Dro, D. Soro, M. W. Koné, A. Bakayoko et K. Kamanzi, ''Evaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire,'' *Journal of Animal & Plant Sciences,* vol. 17, no. 3, pp. 2631-2646, 2013.

[54] B. T. A. Vroh, D. Ouattara et K. B. Kpangui, ''Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire,'' *Journal of Applied Biosciences,* no. 76, pp. 6386-6396, 2014.

[55] S. C. Piba, B. F. H. Tra, D. Konan, B. G. A. Bitignon et A. Bakayoko, ''Inventaire et disponibilité des plantes médicinales dans la forêt classée de Yapo-Abbé, en Côte d'Ivoire,'' *European Scientific Journal,* vol. 11, no. 24, pp. 161-181, 2015.

[56] C. D. Diatta, M. Gueye, S. Koma et L. E. Akpo, ''Diversité de la flore et de la végétation ligneuses de la réserve de Ngazobil (Joal-Fadiouth) au Sénégal,'' *Journal des Sciences,* vol. 9, no. 3, pp. 1-13, 2009.

[57] H. Abdourhamane, B. Morou, H. Rabiou et A. Mahamane, ''Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado,'' *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 7, no. 3, pp. 1048-1068, 2013.

[58] B. S. Bouko, B. Sinsin et B. G. Soulé, ''Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin,'' *Tropicultura,* vol. 25, no. 4, pp. 221-227, 2007.

[59] D. Soro, ''Plantes médicinales utilisées dans la lutte contre les parasites gastrointestinaux des petits ruminants : abondance et activité anthelminthique *in vivo*,'' Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), 194 p., 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1066-1077
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pétrologie des corps sédimentaires crétacés du Moungo-Fleuve (Sous-Bassin Sédimentaire de Douala, Cameroun)

[Petrology of Mungo-River cretaceous sedimentary outcrops (Douala Sedimentary Sub-Basin, Cameroon)]

Christel Sobdjou KEMTEU[1], Abakar MAHAMAT[2], François Bidzang NDONG[1], Mero Yannah[1], Gabriel NGUEUTCHOUA[3], and Simon NGOS III[3]

[1]Institut de Recherches Géologiques et Minières, BP : 4110 Nlongkak, Yaoundé, Cameroon

[2]Centre de Recherches Géologiques et Minières, BP : 333, Garoua, Cameroon

[3]Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé 1, BP : 812 Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Many research studies have been done in the Mungo-River valley, they were mostly concerning the genesis and stratification of outcrops, but not really their petrology (description and classification). According to those reasons, this article is going to increase the petrology's understanding of Mungo-River's cretaceous outcrops, in Douala sub-basin. So, the studies have been done on Moundeck village's outcrops and near the railway bridge on the Mungo-River. In fact, the studies were concerning the description of eight outcrops; the classification of their facies and the interpretation of their genesis. The description of outcrops has showed that they are constituted of positive and negative sequences. The thin sections have permitted to classify the facies described as litharenites and lithic arkoses, which are friable rocks. The genesis of Mungo-River's outcrops could be understood according to two approaches. On the one hand, the sedimentary structures such as intercrossed and oblique stratifications observed on outcrops signify that, the sedimentation had been taken place in a fluvio-deltaic environment. On the other hand, the positive and negative sequences delimited on described outcrops, testify the influence of sedimentary cycles (transgression and regression) within the depositing environment.

KEYWORDS: Cretaceous, rhythmic sedimentation, fluvio-deltaic depositing, sedimentary cycles.

RESUME: La plupart des travaux antérieurs menés dans la vallée du fleuve moungo a surtout porté sur la genèse et la stratification des corps sédimentaires et très peu sur leur pétrologie (description et classification). C'est dans cet ordre d'idée que cet article contribue à améliorer la compréhension de la pétrologie des corps sédimentaires crétacés du Moungo-Fleuve, dans le sous-bassin sédimentaire de Douala. Pour se faire, les études ont été menées sur les affleurements situés dans le village Moundeck et au niveau du pont ferroviaire sur le fleuve moungo. Il s'est agi de décrire huit affleurements ; de proposer une classification des facies les constituant ; et d'interpréter la genèse de ces corps sédimentaires. La description des affleurements a montré que ces derniers sont essentiellement constitués de séquences positives et négatives qui sont caractérisées respectivement par un granoclassement décroissant et croissant. La pétrographie microscopique a permis de classer les roches formant les faciès décrits, comme étant des litharenites et des arkoses lithiques qui sont peu consolidées. La genèse des corps sédimentaires du Moungo-Fleuve peut être interprétée à partir de la combinaison de deux approches. D'une part, les structures sédimentaires telles que les stratifications obliques et entrecroisées observées sur les affleurements décrits, laissent penser à un environnement de dépôt fluvio-deltaique. D'autre part, la succession de séquences positives et négatives délimitées sur les affleurements décrits, témoignent de l'influence des cycles sédimentaires (transgressions et régressions) dans le milieu de dépôt.

MOTS-CLEFS: Crétacé, sédimentation rythmique, dépôt fluvio-deltaique, Cycles sédimentaires.

Corresponding Author: Christel Sobdjou KEMTEU

1 INTRODUCTION

Un bassin sédimentaire est une dépression de la croûte terrestre, situé sur un continent ou un plateau continental et formé par subsidence et tectonique. Il recueille d'importantes quantités de matériaux sédimentaires qui par des phénomènes de diagenèse se transforment en roches sédimentaires [1]. Au Cameroun, deux principaux types de bassins sédimentaires sont distingués : les bassins continentaux intraplaques, de type cratonique dans l'Extrême-Nord (le bassin du Logone Birni), et de type rift intracontinental au Nord (les bassins de Kontcha, de la Bénoué, de la Mbéré, de la Vina, de Babouri Figuil, du Mayo Oulo Léré, d'Hama Koussou et de Koum [2]) et au Sud-Ouest (le bassin de Mamfé) ; puis les bassins épicontinentaux de type marge passive (les bassins côtiers de Campo, de Douala et du Rio-del-rey) qui présentent une partie continentale émergée (*onshore)* et une partie immergée (*offshore*). Le bassin de Douala/Kribi-Campo s'étend le long du golfe de Guinée et constitue une extension au Nord des bassins ouest africains [3]. Ce bassin est subdivisé en deux sous-bassins que sont : le sous-bassin de Douala au Nord, et le sous-bassin de Kribi-Campo au Sud. La plupart des travaux effectués dans le sous-bassin de Douala ont surtout porté sur l'étude stratigraphique et structurale [4] et le Paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-Fleuve [5]. Cependant, la pétrologie du membre moungo, auquel font partie les corps sédimentaires du Moungo-Fleuve, reste assez mal connue. D'où cet article qui a pour but de faire la description de ces corps sédimentaires ; de les classer ; et de proposer l'interprétation de leur genèse.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le secteur d'étude appartient à la partie nord *onshore* du sous-bassin de Douala, entre les parallèles 04°30' et 04°38' de latitude Nord et les méridiens 09°29' et 09°35'de longitude Est (fig. 1).

Selon [6], les formations de base des sous-bassins du Rio-del-rey et de Douala seraient d'âge turonien. Age qui a été ramené au Crétacé inférieur et moyen par des nouvelles méthodes d'analyses micropaléontologiques [4]. La référence [7], pense que les grès datés apto-albien du Nyong (sud) et les grès cénomanien du Moungo (nord) sont diachrones. Dans le « grès de base » des séries de la Dibombé et du Moungo, des éléments volcaniques microscopiques bien arrondis sont identifiés par [4]. Selon [8] pendant les 50M.a. qui se sont écoulées de l'Yprésien de la formation de N'kapa (Nummulites du forage Kwa-kwa 1) au Burdigalien de la formation de Matanda, le talus du sous-bassin de Douala n'a conservé presque aucun sédiment, hormis la formation de Souellaba d'âge supposé Oligocène. Du point de vue structural, la bordure du sous-bassin de Douala est affectée en général par deux types de structures: les failles normales non listriques et les failles normales listriques [9]. Les failles normales non listriques affectent le socle granito-gneissique et représentent la phase du rifting. Elles affectent aussi la formation du Moundeck et la base de la formation de Logbaba dans la partie *onshore* du sous-bassin. Les failles normales listriques affectent les formations du Wouri, de Matanda, de Souellaba, de N'kapa, et de Logbaba. Elles sont plus fréquentes à l'Ouest du sous-bassin et se seraient mises en place sous le poids des sédiments.

La dynamique du sous-bassin de Douala se résume en trois phases majeures : la phase synrift, la phase de transition et la phase de dérive [10]. La phase synrift va du Jurassique terminal au Crétacé inférieur lors de la fracturation du Gondwana [11]. Durant cette phase, les failles normales majeures se sont mises en place [8]. La formation du Moundeck s'est déposée au cours de cette phase. La phase de transition va de l'Aptien au Crétacé supérieur, avec des dépôts lacustres dans la vallée du rift [9]. Le rifting se bloque, mais les forces distensives restent actives. Les formations de Logbadjeck et de Logbaba se sont déposées pendant cette phase. La phase de dérive ou d'expansion qui est marquée par l'ouverture de l'Atlantique et accompagnée par la séparation des plaques africaine et sud américaine. Elle a débuté au Crétacé supérieur et se poursuit jusqu'à nos jours. Elle est aussi caractérisée par le développement de la marge passive [9]. La phase de dérive a été associée à des cycles de transgressions et de régressions marines, et des épisodes d'érosion du Paléogène (ou Période Nummulitique) à l'Actuel, associées aux phénomènes de subsidence régionale [9]. Les failles normales listriques affectent les formations de N'kapa, Souellaba, Matanda et Wouri qui se sont déposées pendant la phase de dérive.

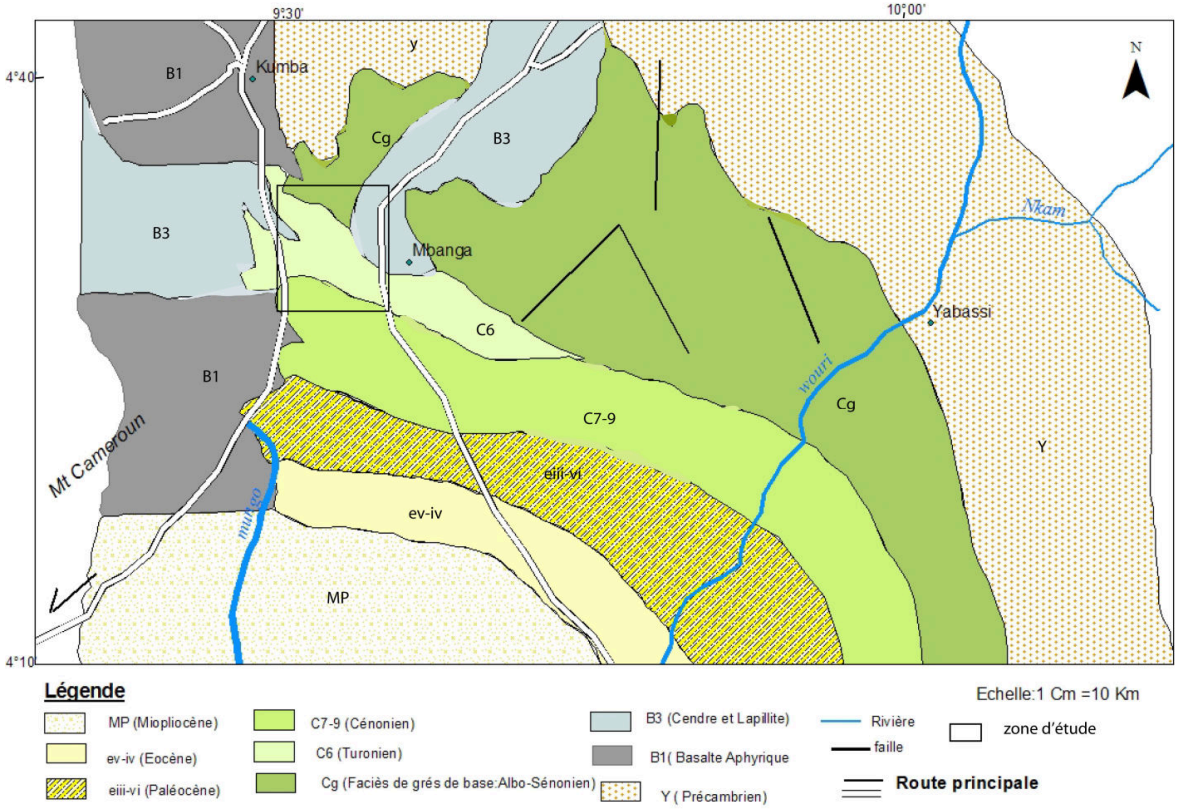


Fig. 1. Carte géologique de la zone d'étude au Nord du sous-bassin de Douala [12], modifiée

3 MATERIEL ET METHODES

La récolte des échantillons (fig.2) s'est effectuée sur chacun des affleurements en fonction de leur nature lithologique, de leur couleur et de leur disposition stratigraphique. Chaque échantillon récolté est conditionné dans un sac à échantillon portant un label, sur lequel est marqué un numéro attribué à chaque échantillon par ordre chronologique de son prélèvement. Ledit numéro est constitué d'un chiffre ou nombre qui croît à partir de 1 (mis en index) et précédé de deux ou trois lettres désignant la localité dans laquelle l'échantillon a été prélevé.

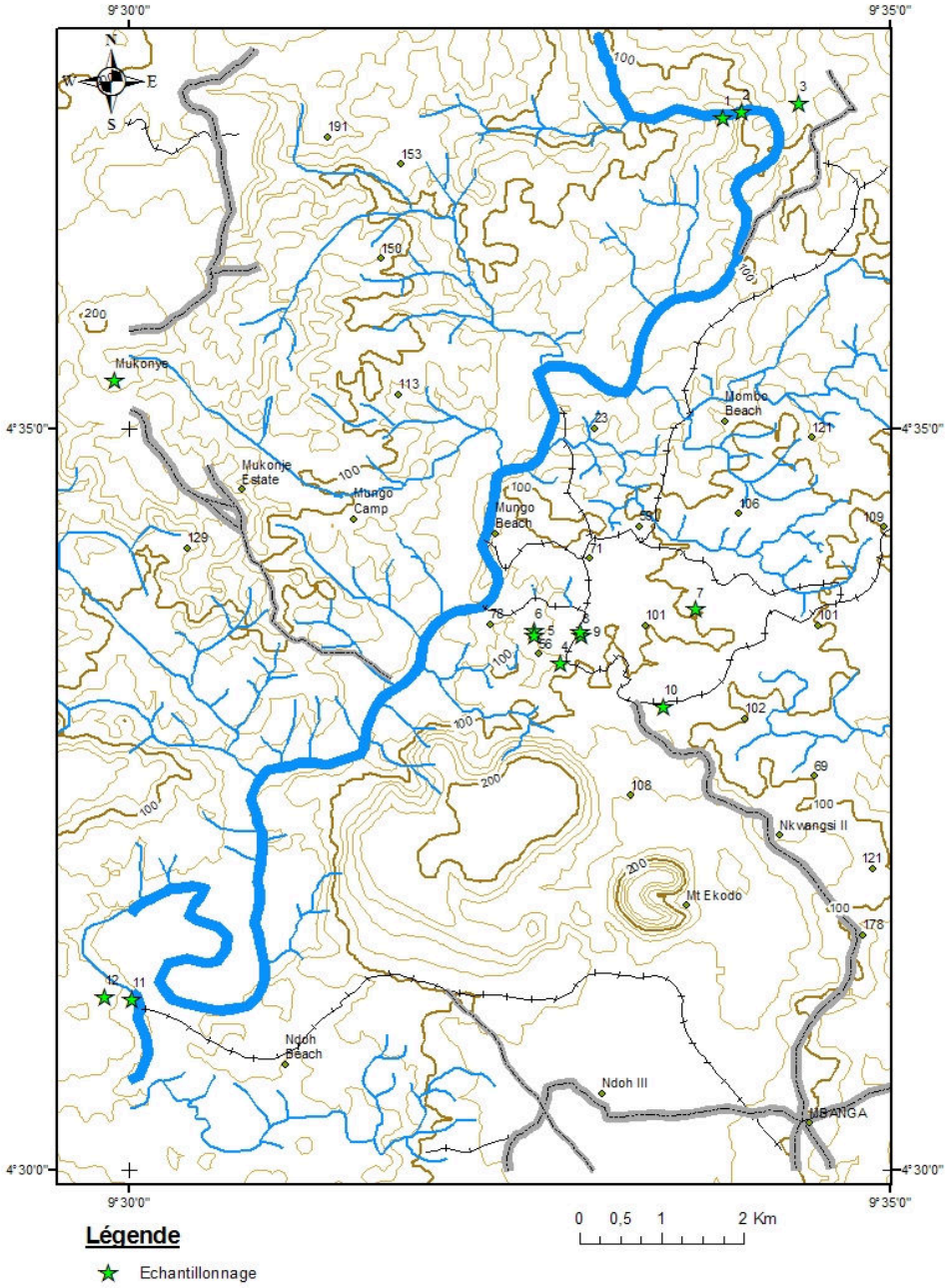


Fig. 2. Carte des différents affleurements décrits et échantillonnés

3.1 TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

En laboratoire, les échantillons (RGF_2, DMD_1, BD_1, BD_2, BD_3, BD_4, BD_5, BD_6, GVM_1, GVM_2, TF_2, TF_3, TF_4) prélevés sur le terrain sont triturés et séchés à l'étuve à 110°C pendant 24h. Chaque échantillon bien séché et mélangé est divisé en quatre parties. Deux parties opposées diagonalement sont de nouveau mélangées. C'est où est prélevé 200g de l'échantillon à traiter. Si la quantité de sédiment de départ est importante (>1kg), il faut procéder par quartages successifs jusqu'à l'obtention de 200 g. 200 g de sédiment de chaque échantillon est trempé dans l'eau et trituré à la main. Le lavage s'effectue sous un filet d'eau de robinet et au-dessus d'un tamis de 50 µm pour éliminer la fraction fine (< 50 µm). Le refus, dont la taille des grains est supérieure à 50 µm est recueilli pour les analyses. Le sédiment lavé (refus) est séché à l'étuve pendant 24 heures, puis pesé de nouveau à l'aide d'une balance électronique de précision, dans le but de déterminer la masse et le pourcentage massique de sable.

Tableau 1. Masses et pourcentages des phases sableuses et fines après lavage

Echantillon	Masse de départ (g)	Masse du sédiment lavé et séché (g)	Masse du sédiment évacué (g)	Pourcentage de sable (%)	Pourcentage de la fraction fine (%)
RGF_2	200,00	149,43	50,57	74,72	25,28
DMD_1	200,00	147,74	52,26	73,87	26,13
BD_1	200,00	164,61	35,39	82,31	17,69
BD_2	200,00	157,06	42,94	78,53	21,47
BD_3	200,00	138,12	61,88	69,06	30,94
BD_4	200,00	118,67	81,33	59,34	40,66
BD_5	200,00	45,64	154,36	22,82	77,18
BD_6	200,00	149,40	50,60	74,70	25,30
GVM_1	200,00	169,03	30,97	84,52	15,48
GVM_2	200,00	57,30	142,70	28,65	71,35
TF_2	200,00	142,45	57,55	71,23	28,77
TF_3	200,00	158,71	41,20	79,36	20,64
TF_4	200,00	179,30	20,70	89,65	10,35

3.2 Etude Des Lames Minces Des Roches

Elle commence par une observation macroscopique des échantillons des roches au moyen d'une loupe LESA 20x. Elle a été complétée par des descriptions microscopiques qui se sont effectuées dans les laboratoires de Géologie du Sédimentaire et du Pétrole, et de Géodynamique Interne, du Département des Sciences de la Terre de l'Université de YaoundéI. Les lames étudiées ont été confectionnées à l'atelier des lames minces de l'Institut de Recherches Géologiques et Minières à Yaoundé.

4 Resultats

4.1 Description Des Corps Sedimentaires Du Moungo Fleuve

4.1.1 Faciès gréseux localisés dans le village Moundeck et au niveau du pont ferroviaire sur le fleuve Moungo



Planche I. Affleurements: a) du village Moundeck; b) au niveau du pont ferroviaire
Photos: c) grès du village Moundeck; b) grès au niveau du pont ferroviaire

4.1.1.1 AFFLEUREMENTS DU VILLAGE MOUNDECK

Derrière l'école publique du village Moundeck, deux affleurements se présentent sous la forme de grotte ou caverne.

De coordonnées géographiques 04° 33' 37'' de latitude Nord et 09° 32' 59'' de longitude Est, l'un des affleurements se situe à 112 m d'altitude. Il est étendu de 15 m et haut de 12 m environ, et présente plusieurs niveaux argilo-gréseux agencés ainsi qu'il suit : à la base, se trouve un grès grossier à dominante blanchâtre, riche en gravillons de quartz et épais de plusieurs mètres ; sur le grès grossier, repose un niveau argileux bariolé à dominante verdâtre, dont l'épaisseur maximale atteindrait 1,20 m ; au dessus de l'argile, se situent respectivement un grès grossier blanchâtre d'épaisseur maximale 1,30 m, et une argile rubéfiée dont l'épaisseur atteindrait 0,60 m ; l'ensemble est surmonté par un grand niveau d'environ 4 m d'épaisseur, où un faciès argileux bariolé est pris en sandwich entre deux faciès gréseux grossiers. Ainsi, cet affleurement présente une sédimentation rythmique à séquences positives. Ces séquences positives alternent avec des séquences négatives. Le faible pendage (5°-10°) des couches constituant cet affleurement est orienté vers l'Ouest.

De coordonnées géographiques 04° 33' 38'' de latitude Nord et 09° 32' 58'' de longitude Est, le deuxième affleurement se situe à une altitude de 120 m. Respectivement étendu et haut d'environ 20 m et 10 m, cet affleurement est constitué de grès fin à grossier avec des intercalations lenticulaires d'argiles sableuses. Ses couches ont une stratification oblique et entrecroisé, mais un aspect frustre dû à l'altération. Les feuillets primaires des dépôts montrent des pendages nord et sud, témoins d'un apport de matériau nordique et méridional.

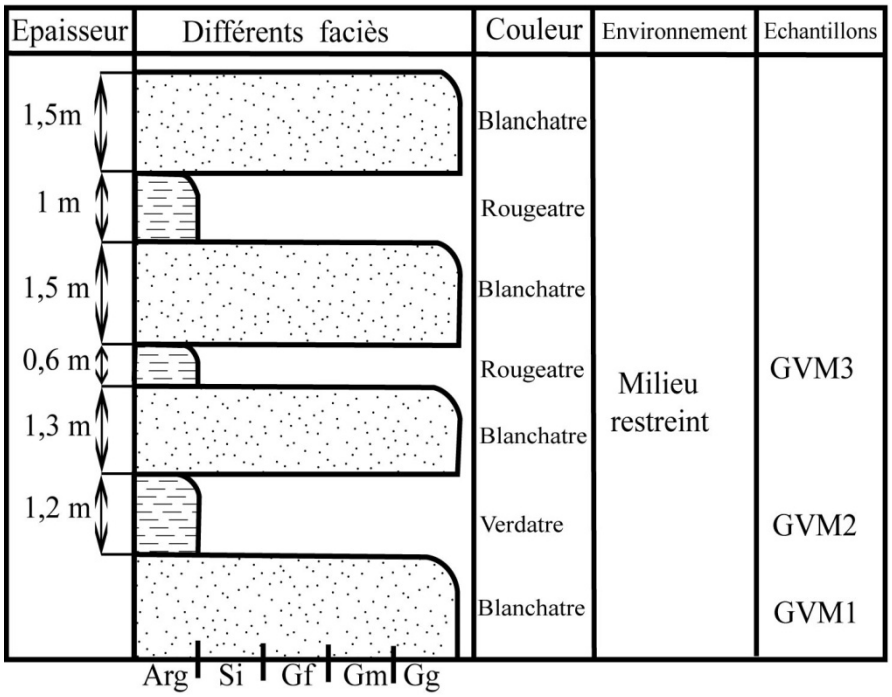


Fig. 3. Colonne lithologique du village Moundeck

4.1.1.2 TRANCHÉE FLUVIATILE DE LA RIVE GAUCHE EN DESSOUS DU PONT FERROVIAIRE SUR LE FLEUVE MOUNGO

De coordonnées géographiques 04° 31'9'' de latitude Nord et 09° 30' 2 '' de longitude Est, d'altitude 41 m, affleure sur une étendue de plus d'une dizaine de mètre, une tranchée fluviatile sur la rive gauche du fleuve moungo. Une colonne lithologique de cette tranchée a permis de recenser plusieurs couches, dont la succession du bas vers le haut est : une couche de grès très fin ferrugineux à la base, recouverte d'une couche d'argile silteuse épaisse de 0,50 m, de couleurs grise à gris foncé et contenant de la matière organique ; sur l'argile, reposent respectivement un grès très fin épais de 1 m, à passées ferrugineuses et à dominante gris blanchâtre, puis un silt argileux épais de 0,30 m, à passées ferrugineuses et à dominante grisâtre ; au dessus, se situent respectivement une couche de grès très fin, grisâtre, épaisse de 1,20 m, et une intercalation silto-argileuse épaisse de 0,30 m ; l'ensemble est recouvert par un grès épais de plus de 8 m, dont les trois premiers mètres sont constitués d'un faciès fin grisâtre, alors que la partie sommitale est un grès grossier ferrugineux et riche en gravillon de quartz, mais surtout masquée par la terre arable. Les couches de la tranchée pendent d'environ 10° vers le SW.

L'ordre de succession des différents niveaux de cet affleurement correspond à celui des séquences positives caractéristiques de la sédimentation rythmique observée dans les corps sédimentaires du village Moundeck.

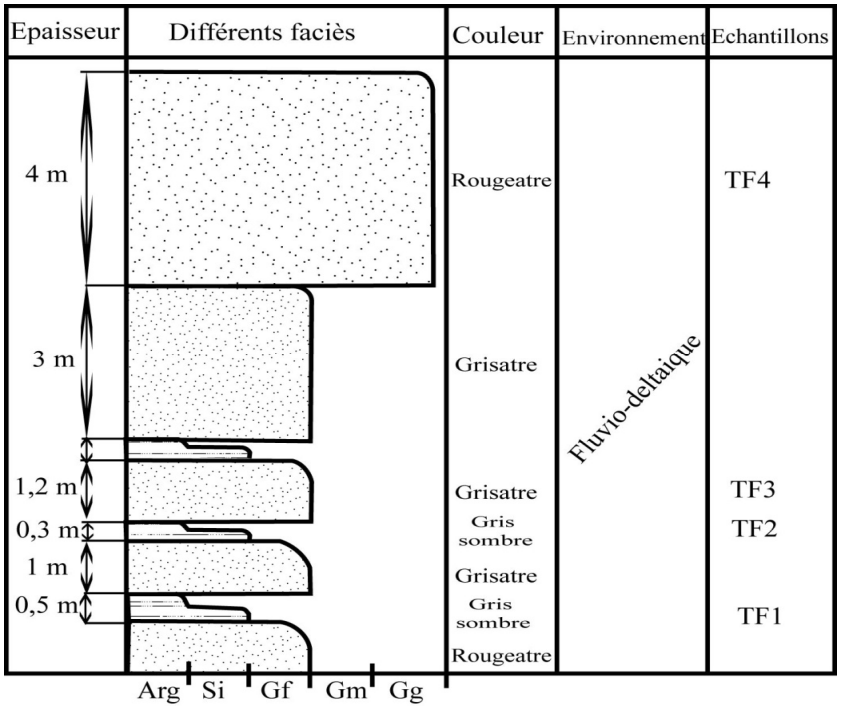


Fig. 4. Colonne lithologique de la Tranchée fluviatile de la rive gauche en dessous du pont ferroviaire sur le fleuve moungo

4.1.2 FACIÈS ARGILEUX LOCALISÉS DANS LE VILLAGE MOUNDECK ET AU NIVEAU DU PONT FERROVIAIRE SUR LE FLEUVE MOUNGO

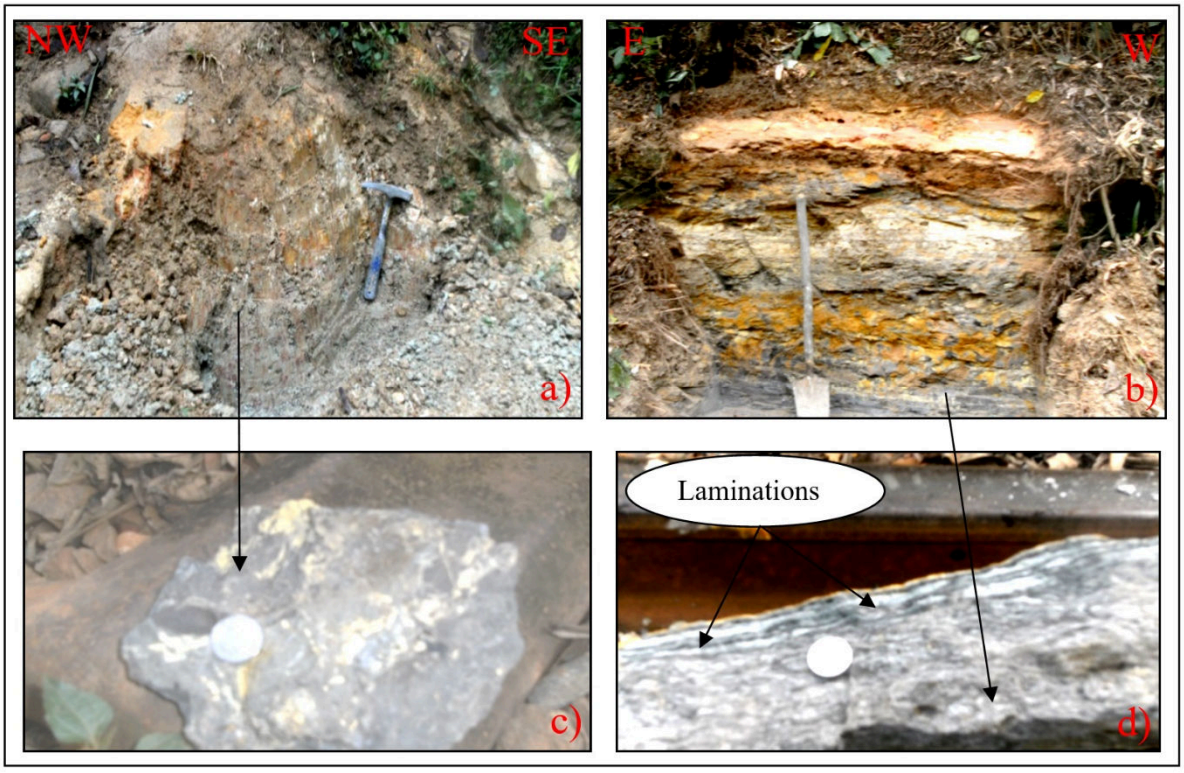


Planche II. Affleurements: a) du village Moundeck; b) au niveau du pont ferroviaire
Photos: c) argile du village Moundeck; b) argile au niveau du pont ferroviaire

4.1.2.1 TRANCHÉE FERROVIAIRE DU CÔTÉ GAUCHE APRÈS LE PONT SUR LE FLEUVE MOUNGO EN ALLANT VERS KUMBA

Après le pont ferroviaire sur le Moungo en allant vers Kumba affleurent en forme de dôme, deux niveaux sédimentaires situés de part et d'autre du rail. Celui qui fera l'objet de cette étude se situe à gauche du rail, à une trentaine de mètre après le pont. De coordonnées géographiques N 04° 31' 10'' et E 09° 29' 51'', le secteur d'étude se situe à une altitude de 43 m, avec une hauteur de plus de 6m et s'étend sur plus de 150 m. Une coupe lithologique présente à sa base un niveau argileux organique épais de plus de 1,50 m**.** La partie inférieure de cette argile organique est saine (non altérée), alors que la partie intermédiaire épaisse de 1m est plus ou moins altérée. La partie supérieure quant à elle est une argile altérée, épaisse de 0,60 m et de couleur gris clair. Ce niveau argileux présente des lamelles de couleurs sombres, allant du noir au gris sombre. Ces argiles sont riches en fossiles, notamment en traces de lamellibranches et de gastéropodes. En outre, les traces jaune brillant semblables à la coloration de la pyrite tachettent ces argiles. Sur le niveau argileux reposent respectivement un niveau de terre arable, épais de 0,25 m au maximum (sol ferrallitique) ; puis une surface ferrugineuse d'épaisseur maximale 0,10 m, qui témoigne d'un arrêt de sédimentation. Au-dessus de la surface d'arrêt de sédimentation se trouve un niveau gréseux épais de 4,5 m, masqué par la terre arable, mais présentant une variation granulométrique du bas vers le haut : le faciès gréseux inférieur est fin, épais de 1,5 m et bariolé à dominante rouge ; il est suivi d'un faciès gréseux gris sombre, grossier, à gravillons de quartz et d'une épaisseur de 1 m ; sur le grès grossier repose un grès fin, épais de 1,20 m ; le faciès gréseux sommital est gris sombre, épais de 0,8 m et grossier.

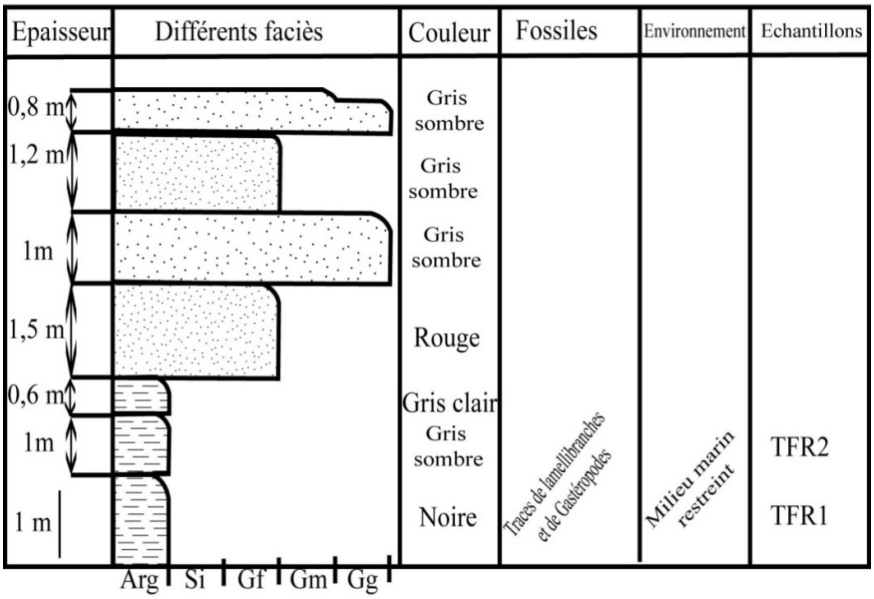


Fig. 5. Colonne lithologique de la tranchée ferroviaire du côté gauche après le pont sur le fleuve moungo en allant vers Kumba

4.2 ETUDE DES LAMES MINCES DE ROCHES

4.2.1 LAME MINCE DE L'ÉCHANTILLON DMD1 (PLANCHE III)

Au microscope polarisant, l'échantillon DMD_1 présente une texture clastique. Ses principaux minéraux constitutifs sont : le quartz, les feldspaths et les fragments de roches.

- **Quartz**

Dans cette roche, le quartz représente environ 60% du volume de la roche. Il a deux formes : le quartz automorphe peu abondant qui est d'origine volcanique et le quartz xénomorphe plus abondant qui est d'origine plutonique (photo a). Les grains de quartz ont une taille millimétrique à centimétrique. Certains grains ont une forme allongée qui témoigne de leur origine métamorphique (photo b). Les grains présentent des contacts concavo-convex et de type suture interpénétrative, dû à la compaction physique ou à la dissolution (compaction chimique) sous l'effet de la pression (photo c). La précipitation secondaire de la silice autour des grains de quartz est peu abondante. Cette silice secondaire (photo d) est séparée des grains de quartz par une pellicule d'oxyde de fer (Fe_2O_3). Le ciment siliceux étant peu abondant, la roche est moyennement consolidée. L'extinction ondulante (photo b) est fréquente sur les minéraux monocristallins et polycristallins. Elle témoigne que certains grains sont issus des matériaux déformés notamment par la tectonique.

- **Feldspaths**

Ils représentent environ 23% du volume de la roche. Les plagioclases basiques plus facilement altérables sont absents. Les plagioclases acides comme l'albite sont rares.

Le feldspath alcalin sodipotassique le plus abondant est le microcline. Il présente une section sub-automorphe d'allure rectangulaire et de taille centimétrique. Il est caractérisé par deux systèmes de macles : les macles polysynthétiques de l'albite et de la péricline formant un quadrillage chatoyant fin. Le microcline est propre aux roches métamorphiques.

- **Fragments de roches**

Ils représentent environ 17% du volume de la roche. Ce sont des phénocristaux constitués de quartz et de feldspaths présentant les caractéristiques sus-citées.

En effet, la roche sédimentaire étudiée est le produit d'une diagenèse précoce (de faible profondeur). Le faible contact entre les grains de quartz témoigne d'une faible compaction physique, d'une faible dissolution et donc d'une faible pression. La faible dissolution à pour conséquence la précipitation restreinte du ciment siliceux. Ainsi, la roche est moyennement consolidée et formée principalement de quartz (60%), feldspaths (23%) et fragments de roches (17%). D'après [13], le grès décrit est une arénite et plus précisément une litharénite, à cause de sa richesse en fragments de roches.

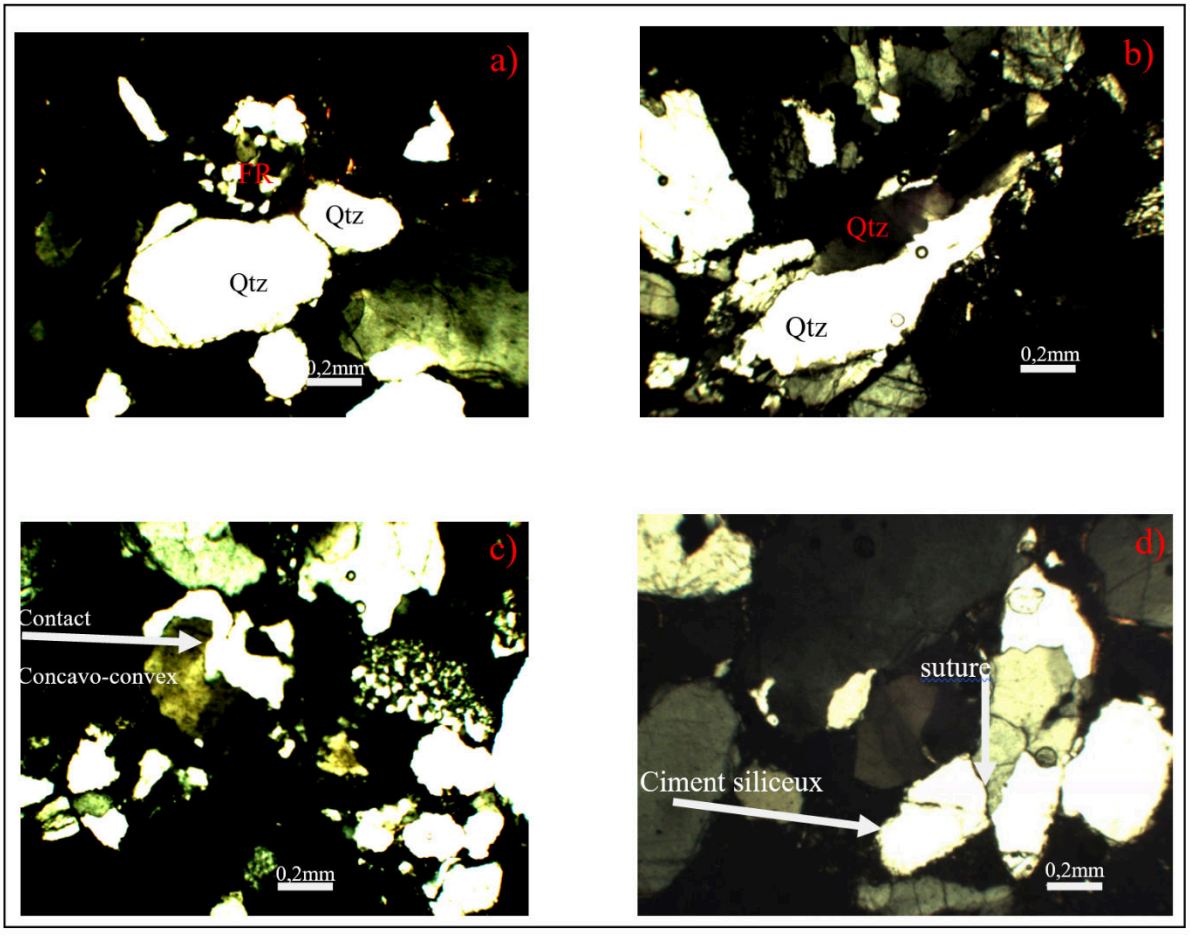


Planche III. Lames minces de l'échantillon DMD₁

4.2.2 LAME MINCE DE L'ÉCHANTILLON TF_4 (PLANCHE IV)

Au microscope polarisant, l'échantillon TF_4 présente une texture clastique. Ses principaux minéraux constitutifs sont : le quartz, les fragments de roches et les feldspaths.

- **Quartz**

Il représente environ 75% du volume de la roche. Il est de formes automorphe peu abondante et xénomorphe plus abondante. Les grains ont une taille millimétrique à centimétrique. Les contacts entre les grains sont de types concavo-convex et suture interpénétrative. La précipitation secondaire du ciment siliceux autour des grains de quartz est très faible. La roche est alors peu consolidée. L'extinction ondulante est observée sur les grains monocristallins et polycristallins. L'altération des grains de quartz est faible.

- **Fragments de roches**

Ils représentent environ 20% du volume de la roche. Ce sont des phénocristaux de feldspaths et de quartz présentant les caractéristiques sus-citées.

- **Feldspaths**

Ils représentent environ 5% du volume de la roche. Les plagioclases basiques plus facilement altérables sont absents. Les plagioclases acides à l'instar de l'albite sont rares.

En fait, la roche sédimentaire décrite est peu consolidée et composée essentiellement de quartz (75%), fragments de roches (20%) et feldspaths (5%). D'après [13], le grès étudié est une arénite arkose et plus spécifiquement une arkose lithique.

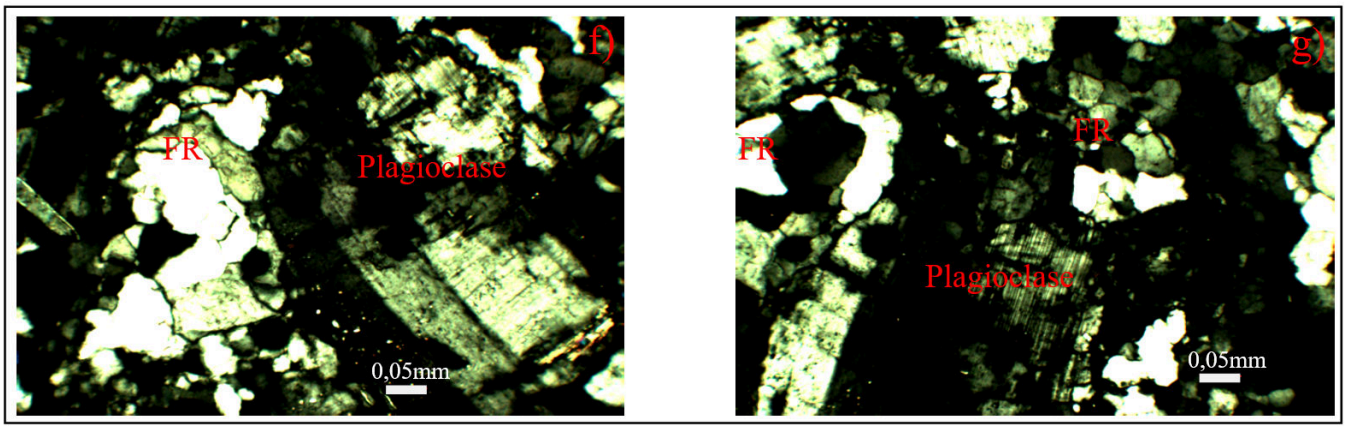


Planche IV. Lames minces de l'échantillon TF_4

5 DISCUSSIONS

5.1 CLASSIFICATION DES ROCHES ÉTUDIÉES

La lame mince de l'échantillon DMD_1 montre que, la roche sédimentaire étudiée est le produit d'une diagenèse précoce (de faible profondeur). Le faible contact entre les grains de quartz témoigne d'une faible compaction physique, d'une faible dissolution et donc d'une faible pression. La faible dissolution à pour conséquence la précipitation restreinte du ciment siliceux. Ainsi, la roche est moyennement consolidée et formée principalement de quartz (60%), feldspaths (23%) et fragments de roches (17%). D'après [13], le grès décrit est une arénite et plus précisément une litharénite, à cause de sa richesse en fragments de roches.

La lame mince de l'échantillon TF_4 montre que, la roche sédimentaire décrite est peu consolidée et composée essentiellement de quartz (75%), fragments de roches (20%) et feldspaths (5%). D'après [13], le grès étudié est une arénite arkose et plus spécifiquement une arkose lithique. En fonction de leurs teneurs en quartz, feldspaths et fragments de roches, la classification proposée par [13] permet de classer les roches étudiées comme étant essentiellement des litharénites et des arkoses lithiques. Les litharénites et les arkoses lithiques sont des roches riches respectivement en fragments de roches et en feldspaths. Ceci est la preuve d'un court transport des sédiments et dans une moindre mesure d'un transport plus ou moins moyen.

5.2 INTERPRÉTATION DE LA GENÈSE DES CORPS SÉDIMENTAIRES DU MOUNGO-FLEUVE

La description des affleurements constituant les corps sédimentaires du Moungo-Fleuve, montre que ces derniers sont constitués de séquences positives et négatives. Ces séquences sont respectivement caractérisées par un granoclassement décroissant et croissant, puis par une transgression et une régression marine. En plus, la sédimentation rythmique, caractérisée par l'alternance régulière de séquences positives et négatives, et par leur succession, permet de comprendre que des cycles sédimentaires auraient contribué à la mise en place des affleurements du Moungo-Fleuve.

Bien plus, l'observation des stratifications obliques et entrecroisées sur les affleurements du village Moundeck, laisse penser à un milieu de faible énergie de dépôt, mais agité. Ces structures sont des marqueurs d'une sédimentation fluvio-deltaïque [5]. Quant aux stratifications lenticulaires, elles évoqueraient un delta largement ouvert sur la mer [14]. Les faciès silto-argileux eux aussi renverraient à un milieu de dépôt fluvio-deltaïque.

6 CONCLUSION

L'étude pétrologique des corps sédimentaires du Moungo-Fleuve s'est faite à partir des affleurements situés dans le village Moundeck et au niveau du pont ferroviaire sur le fleuve moungo. La description de ces affleurements a montré qu'ils sont essentiellement constitués de séquences positives et négatives.

Les facies formant ces séquences sont majoritairement constitués des litharénites et des arkoses lithiques qui dans ce cas sont des roches moyennement consolidées.

En outre, les stratifications obliques et entrecroisées observées sur les corps sédimentaires du Moungo-Fleuve et mise en place par une énergie faible en milieu agité, permettent de caractériser un environnement de dépôt fluvio-deltaïque.

Bien plus, l'environnement de dépôt marin est marqué par la succession de séquences positives et négatives observables sur ces corps sédimentaires. La disposition de ces séquences témoigne de l'effet des cycles sédimentaires qui s'y sont manifestés.

En somme, les corps sedimentaires du Moungo-Fleuve se seraient mis en place dans un environnement fluvio-deltaïque et marin restreint au Cénomanien. En effet, les sédiments détritiques terrigènes érodés des matériaux magmatiques et métamorphiques, puis transportés par éboulement et par l'eau sur une distance courte à moyenne, se sont enfin déposés dans un milieu fluvio-deltaïque et marin restreint. Cependant, l'amélioration de la compréhension de la pétrologie des corps sédimentaires du Moungo-Fleuve passe par la datation des zircons d'origine magmatique contenus dans ces corps sédimentaires, et par la détermination de la durée des différents cycles sédimentaires ayant contribué à la mise en place de ces faciès détritiques terrigènes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance aux instructeurs anonymes pour leurs critiques, commentaires et suggestions qui ont contribué à l'amélioration du présent document.

REFERENCES

[1] STANLEY, S. M., 1998. Sedimentary environments, chap.5, Earth systems history, pp.35-80.
[2] BRUNET, M., COPPENS, Y., PILBEAM, D. & DJALLO, S., 1990. Le Crétacé Cénozoïque d'Afrique de l'Ouest (Cameroun). Rapport de synthèse. I.R.G.M., 9p.
[3] MANGA, C. S., 2008. *Stratigraphy, structure and prospectivity of the Southern onshore Douala Basin, Cameroon- Central Africa, pp. 13-37.*
[4] NJIKE NGAHA, P. R., 1984. Contribution à l'étude géologique, stratigraphique et structurale de la bordure du bassin Atlantique du Cameroun. Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. de Yaoundé, 131p.
[5] CHRISTEL KEMTEU SOBDJOU, FRANCOIS BIDZANG NDONG, JOSEPH MVONDO ONDOA, 2015. Paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve dans le bassin sédimentaire du Moungo (Ouest Cameroun). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 13, No. 2, pp. 355-367. ISSN: 2028-9324.
[6] BERGQUIST, C. L., 1979. *Excerpts applicable to PH-33 from notes on the Rio Del Rey and Douala sub-bassins. GULF OIL CORPORATION OF CAMEROON*, *4p.*
[7] CHIALVO, J., 1981. Photographie des faciès de grès de base (rivières Moungo, Dibombé, Nkwansi) et du cristallin (Bouba waterfull). Elf- Serepca, note interne.
[8] REGNOULT, J. M., 1986. Synthèse géologique du Cameroun. République du Cameroun. Ministère des Mines et de l'Energie, Direction des Mines et de la Géologie. 119p.

[9] TCHOUATCHA, M. S., 2005. Etude sédimentologique de quelques faciès sableux Crétacés du secteur oriental du bassin de Douala : genèse et signification paléoenvironnementale. Mém. D.E.A., Univ. de Yaoundé I-Cameroun, 101p.

[10] NGUENE, F. R., TAMFU, S., LOULE, J. P. et NGASSA, C., 1992. *Paleoenvironments of the Douala and Kribi / Campo sub basins in Cameroon, West Africa.* Dans : Recueil des présentations du Colloque sur les bassins sédimentaires Ouest Africain. Pp. 129-139.

[11] BUXTON, L. and HALL, 1989. *Geochemical Summary report for six (6) wells and (4) oils from Douala basin. Republic of Cameroon, ppl-39.*

[12] DUMORT, J. C., 1968. Carte Géologique de reconnaissance du Cameroun au 1/500 000. Feuille de Douala Ouest avec notice explicative (1/500 000). Dir. Mines Géol., Yaoundé. Imp. Nat., Cameroun, 69 p.

[13] PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. and SIEVER, R., 1973. *Sands and Sandstones. Harper & Brother, New-York, springer 618p.*

[14] TOUOMO SIME, T. K., 2010. Etude sédimentologique et paléoenvironnementale des formations détritiques de Mbanga-Nord, dans le sous-bassin de Douala. Mém. D.E.A., Univ. de Yaoundé I-Cameroun, 82p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1078-1083
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Roles, Responsibilities and Ethical Principles of University Teachers

Muhammad Foysal Mubarak[1] and Kh. Atikur Rahman[2]

[1]Lecturer, BRAC University, 66 Mohakhali, Dhaka-1212, Bangladesh

[2]Assistant Professor of English, Ahsanullah University of Science and Technology, Bangladesh

Copyright © 2019 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 focus of the paper is to explore the roles, responsibilities and ethical principles of the university teachers; as researchers, educationalists and human beings in the context of a world in which the rapid erosion of societal values is manifested both in Bangladesh and across much of the globe. The paper has tried to develop a better sense of key, pertinent ethical issues within the teaching-learning community of university and contribute to the national discourse on promotion of moral values among students and the community. Data have been collected from 70 faculty members of a university through discussion. Focus group discussion guidelines were used to generate data. Thematic analysis have been used for understanding teacher responsibilities and ethical principles. Some of the major findings are: student teacher body should exist at each university, there should be a complaint box to tackle potential and relevant ethical violations that the faculty can come across, an ethical framework should be developed for the universities, and quality of human interaction should be measured and promoted.

KEYWORDS: ethical framework, moral values, responsibilities, university teacher.

1 INTRODUCTION

University teachers have some defined roles and responsibilities as well as ethical guidelines to create and sustain a community of scholars devoted to producing, sharing, extending, and critically examining knowledge and values. Teachers are free within their respective fields of competence to pursue and teach knowledge in accord with appropriate standards of scholarly inquiry. Ethical guidelines are meant to enhance, not to restrict the creative freedom that teachers must enjoy in our community of knowledge. The guidelines are premised on the assumption that an ethically informed and responsible community is a precondition for a healthy environment of academic freedom. The rapid erosion of societal values is manifest both in the context of Bangladesh and across much of the globe. Thus, it is imperative to explore the roles, responsibilities and ethical principles of the university teacher; as researchers, educationalists and human beings. The university faculty members collectively embody the ethical values that will in large measure define the institution. Therefore, this paper intended to foster a systematic understanding and clarity of ethical issues at university teaching.

2 OBJECTIVES

- Explore the roles, responsibilities and ethical practices of university teachers.
- Understand key ethical principles that are reflected in their professional activities as university teachers.
- Develop a better sense of key, pertinent ethical issues within the teaching-learning community of university and more broadly.
- Contribute to the national discourse on ethical issues and the promotion of moral values among students and the community.

3 LITERATURE REVIEW

Roles, responsibilities and ethical principles for academic staff are a set of basic principles that outline the professional responsibilities of university faculty members in their role as teachers. These principles are drawn as general rules, standards, or expectations which are needed to be considered, besides other pertinent conditions and circumstances, in the design and analysis of university teaching. A formal document namely *"Ethical Principles in University Teaching"* developed by the Society for Teaching and Learning in Higher Education includes 9 principles. These are Content Competence, Pedagogical Competence, Dealing with Sensitive Topics, Student Development, Dual Relationships with Students, Confidentiality, Respect for Colleagues, Valid Assessment of Students, and Respect for Institution (Murray, et al, 1996).

A university lecturer should preserve a high level of subject matter knowledge and keep abreast of the developments. He should confirm that content of the course is up-to-date, correct, representative, and suitable to the student's program of studies. In addition, a teacher has sufficient academic knowledge and skills, including communication of objectives, selection of appropriate instructional methods, creating space for practice and feedback, and handling with student diversity (Shahid et al, 2014; Stefani, 2009).

If a teacher has to teach any particular subject matter that is sensitive, he should admit it at the beginning of the lesson and should explain why he has to insert it in the course content (Crosby, 2012; Lowe & Jones, 2010). He should design lesson in such a way that eases learning and inspires autonomy and autonomous thinking in students (Wachob, 2006).

He should deal with students with respect, dignity and self-esteem, and to keep away from activities that detract from student development (McMillan, 2014). But he should not enter into dual-role relationships with students which may lead to favoritism on the part of the teacher (Margaret, 1999). On the other hand, he should consider marks and grades of student, records of his attendance, and any private communications as confidential, and can be published only if student gives consent, or for justifiable academic purposes (Brown, 2004). Since assessment of student performance has immense impact on his live and career, appropriate assessment techniques should be selected by the teachers which are congruent with the objectives of course and the same time are open, fair, valid and reliable (Boud, & Falchikov, 2006). Students' examination scripts should be graded fairly and equitably (Brown, & Hirschfeld, 2008).

He needs to be acquainted and sensitive to and respects the educational vision, mission, guiding principles, and standards of the university, and comply with these. He should always work for the betterment of the institution. In addition, with a view to nurturing student development, he should respect the dignity of his fellow teachers and works closely with them (Wen, et al, 2014).

4 METHODOLOGY

Data have been collected from 70 faculty members of a university through discussion. Sample was selected randomly irrespective of discipline and experience. Focus group discussion guidelines was used for collecting data. For data collecting and processing, ICT toolkits such as Laptop, voice recorder and video camera were used. In addition, notes were taken to supplement and record data. To analyze the data, the process suggested by Marshall & Rossman (1999), where they recommend following the sequence of organizing the data, developing the themes and then interpreting the data was adopted. For this qualitative study, thematic analysis was followed and the results were grouped together to understand teacher responsibilities and ethical principles.

5 LIMITATION

Data was collected from one private university in Bangladesh and does not necessarily generalize situation across the country. The sample size of the study was 70 only and it was not enough to carry out any statistical analysis for generalization.

6 DISCUSSION AND FINDINGS

6.1 RELEVANCE OF ETHICS TO UNIVERSITY TEACHING

The participants discussed in generic terms about the meaning and relevance of ethics in the post-colonial developing world and the role of institutions of higher learning in that context.

They put emphasis on the erosion of ethical values worldwide which has resulted in a world in which an obscene concentration of wealth and power is in the hands of miniscule coteries of unelected billionaires who constitute the 1%; those

for whom the notion of morality, ethics and the general good is non-existent. Universities can and do have a profound impact on the mindsets of their students and through that are able to influence the development of a morally and politically progressive approach to Higher Education which espouses ideas of equality, inclusion and enlightenment. The most important aspect of ethics has to do with the quality of interaction between stakeholders. According to them,

- *"Ethics is an amalgam of mentalities of individual stakeholders."*
- *"The practice of ethical behavior amongst certain quarters is non-existent and wholly contradictory to the beliefs and ideals espoused by the universities."*
- *"A truly ethical organization is one in which equality and inclusiveness is practiced and all stakeholders are appreciated and respected."*

The discussants drew links between money and education giving reference to historic perspectives. Charging money for education had been considered unethical a century ago, but now it is established that education increases productivity, and therefore students can be asked to pay for their education with some rationalization. They discussed new institutional imposition of ethics that can cause conflict to certain institutes like some of the religion based universities which impose certain ethical practices at the institutional level which may create conflict within the diverse student body. Different sections of society hold different ethical beliefs, and this may give rise to conflict when societies interact with each other. There is also a major issue with fundamentalism and question of academic freedom.

6.2 PERCEPTION OF ROLES, RESPONSIBILITIES AND ETHICAL PRINCIPLES IN UNIVERSITY TEACHING

This discussion summarizes six ethical principles in university teaching e.g. content knowledge, content delivery, assessment of students' performance, student development, relation with student and maintaining confidentiality.

According to the findings of the discussion, a university teacher maintains a high level of subject matter knowledge and ensures that course content is current, accurate, representative, and appropriate to the position of the course within the student's program of studies. A pedagogically competent teacher communicates the objectives of the course to students, is aware of alternative instructional methods or strategies, and selects methods of instruction that, according to research evidence including personal or self-reflective research, are effective in helping students to achieve the course objectives. The prime responsibility of the teacher is to contribute to the intellectual development of the student, at least in the context of the teacher's own area of expertise, and to avoid actions such as exploitation and discrimination that detract student development. To avoid conflict of interest, a teacher does not enter dual-role relationships with students that are likely to detract from student development or lead to actual or perceived favoritism on the part of the teacher. Student grades, attendance records, and private communications are treated as confidential materials, and are released only with student consent, or for legitimate academic purposes, or if there are reasonable grounds for believing that releasing such information will be beneficial to the student or will prevent harm to others.

6.3 ETHICAL PRINCIPLES OF UNIVERSITY TEACHERS

The discussants shared their ideas about a few ethical aspects that they depicted as "must haves" if faculty are to be practicing and promoting ethical conduct because these practices are meant to have an immediate impact on the 'growth' of students. They emphasized on the individual ethical practices of the faculty as they develop themselves as ethical educationalists. They also shared key ideas of rational and ethical conduct with the students.

They suggested that a good teacher should have trust, ethics, honesty, appreciation, engagement, empathy and compassion. In addition, it is important to maintain confidentiality, but transparency is also essential. Teachers should know themselves and the topic they teach as it is utterly unethical for them as a teacher to preach what they do not know properly.

One of the participants highlighted the fact that teaching should be a vocation and instead of a profession. The teachers should be knowledgeable because being a teacher is based on knowledge and the ability to convey that knowledge and setting a path that can be followed by students. Another participant commented that ethics is only valid when we deliver something of quality.

Another discussant explored the collegial aspects and tried to link it with ethics. Teachers respect their colleagues and any conflicts that may arise because of the day to day dealings should be addressed with professionalism. A teacher should be punctual, empathetic and take teaching as vocation and to do this they should constantly engage themselves in intense scholarship.

Besides focusing on individual ethical development, numerous ways were suggested to uphold ethical culture with students and within the teaching community. They said that students should have full access to their grades and faculty is also advised to command respect as opposed to be demanding. However, politeness should not be interpreted as weakness. They stressed on the need for being compassionate to the students as private university students are not as privileged as they are thought to be. They focused on knowledge acquisition on the teacher's part and tied it with the ethical mean of dissipating knowledge. Knowledge dissemination at any level of the education system is very important and it must be a process. Regarding ethics in behavioral attitudes between teachers and students, they suggested honesty in cases where a teacher has no significant answer to a question that may have been raised by the students. Moreover, a teacher should not use students' research as his own. Students look at their teacher as mentors and scholars and it is the duty of a teacher to motivate, respect and guide them wisely. They insisted on the mentorship factor as key in guiding the relation between among the teacher and students and as a practice in this regard they suggested the engagement of elements like guest speakers and to promote, inspired field trips.

6.4 TEACHERS' VALUES AND ETHICS ON RESEARCH AND PUBLICATION

The participants discussed the ethical standards and norms that need to be concurred with doing research. By connoting ethics as an important human conduct, they mentioned some of the unethical proceedings in academic research. 'Publish or perish" trend is sweeping the academic world and this trend is calling for the adaptation of numerous unethical measures. Moreover, they mentioned the feuds of happiness data and how those data are produced just to be at par with the requirement of the donor agency. Some of the international journals that will just print anything for money and publications in those journals are a complete disgrace. The faculty members should not publish in those journals.

6.5 ETHICAL PRINCIPLES AS A UNIVERSITY TEACHER: RESPECT TOWARDS COLLEAGUES, INSTITUTION & COMMUNITY

In terms of teachers' respect towards colleagues, institution and community, the participants said that a university teacher respects the dignity of her or his colleagues and works cooperatively with colleagues in the interest of fostering student development. This principle means that in interactions among colleagues with respect to teaching, the overriding concern is the development of students. In the interests of student development, a university teacher is aware of and respects the educational goals, policies, and standards of the institution in which he or she teaches. When they enter into a special relationship with some sector of the community at large, as when they are engaged as consultants or when they conduct research under contract, they have a responsibility to ensure that these duties are consistent with their primary obligation to the university and in no way deleteriously affect their duties within the university.

6.6 THE ROLE OF CLASSROOM TEACHERS IN PROMOTING ETHICAL VALUES OF STUDENTS

The participants discussed about how to make 'Responsive Classrooms' and discussed the role of teachers in promoting ethical values of students. They suggested the teachers should use various techniques (e.g. modeling, role playing, teacher reinforcement, reminders, and redirection) to foster students' social skills—cooperation, assertion, responsibility, empathy, and self-control. Classroom approaches should emphasize both social and academic learning. It is essential to include a classroom that provides interest areas, and displays of student work; a mix of whole-class, small-group, and individual instruction; student participation in the development and enforcement of classroom rules; choice time, during which students can direct their own learning in both individual and cooperative group activities; guided discovery in which students have the opportunity to explore various learning experiences; and frequent assessment and reporting to parents.

Teachers' 'modelling' of moral values (integrity, honesty, fairness etc.) and continuously reinforcing what is right and good (e.g. teacher admitting mistakes, correcting them, and taking responsibility of the consequences) can be a strategy of promoting values: helping students know their values, making morally principled decisions, not to rationalize unprincipled behavior. Students' positive connections with teachers and their perceptions that teachers are 'fair' and they care about them are what stimulate their effort and engagement. Stressing the importance of a predictable set of expectations and the consistent and fair use of rewards and punishments; encouraging students' participation in classroom decision making and planning; providing opportunities for students to interact with one another in cooperative activities or in other ways, to have experiences of success, to be self-directing, and to explore areas of interest. Building in-school community is a means of fostering academic success. Students who experience their school as a caring community consistently become more motivated, ambitious, and engaged in their learning.

They suggested that followings to be maintained properly:

- Level of punctuality and diligence must be maintained.
- No public humiliation of students should be there.
- Students should be informed about assessment scheme and rules.
- Equitable and nondiscriminatory practice must be ensured.
- Instructors must be engaged with the students.
- Listening is important for faculty members.

7 RECOMMENDATIONS

- The universities should recruit enlightened faculty and staff who value and nurture students, parents and together they will make a great institution.
- Teachers should maintain easy interaction and communication: mutual respect, relationship with other staff and students.
- Individual rights and respects should be entertained.
- Incentives and rewards should be offered for teachers' contribution by the university.
- Institutional values should be augmented.
- Commitment towards profession should be maintained by the teachers.
- Teaching community/ Teachers' union/ Student teacher body should be established.
- Segregation of high and low achievers and teach them separately may be an option.
- Students from underprivileged socio-economic backgrounds should be provided training so that they may go back to the job market equipped for specific tasks
- Workshop on ethics should be organized for students.
- More example of international ethical standard can be included in different professional development training modules.
- Management personnel can be invited to discuss about ethical issues.
- Conversation between management and faculty members should take place regularly.
- There should be a complaint box to tackle potential and relevant ethical violations that the university faculty and students can come across.
- An ethical framework for the university involving senior faculty members should be created
- Quality of human interaction should be measured and promoted.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank 70 faculty members who have participated in the discussion and contributed by providing data.

REFERENCES

[1] Boud, D., & Falchikov, N. (2006). *Aligning assessment with long-term learning.* Assessment and Evaluation in Higher Education,31 (4), 399–414.

[2] Brown, G. T. L. (2004). *Teachers' conceptions of assessment: Implications for policy and professional development.* Assessment in Education: Policy, Principles and Practice,11 (3), 305–322.

[3] Brown, G. T. L., & Hirschfeld, G. J. F. (2008). *Students' conceptions of assessment: Links to outcomes.* Assessment in Education: Principles, Policy, and Practice, 15 (1), 3–17.

[4] Crosby, D. B. (2012). *Meeting the Challenge: Teaching Sensitive Subject Matter.* The Journal of Effective Teaching, 12(2), 91-104.

[5] Lowe, P & Jones, H. (2010). *Teaching and Learning Sensitive Topics,* Enhancing Learning in the Social Sciences, 2(3), 1-7.

[6] Margaret, H. M. (1999). *Regulating Sexual Relationships between Faculty and Students,* Michigan Journal of Gender and Law, 6(1), 79-112.

[7] Marshall, C., & Rossman, G. (1999). *Designing qualitative research,* 3rd ed., Thousand Oaks, CA: Sage, 30.

[8] McMillan, Kerry R. (2014). *Teacher Involvement with the Dignity for All Students Act.* Master's Thesis, Department of Education, State University of New York, New York. Retrieved on 23 December, 2017 from http://digitalcommons.brockport.edu/edc_theses/159 (Thesis)

[9] Murray, H., Gillese, E., Lennon, M., Mercer, P., & Robinson, M. (1996). *Ethical principles for college and university teaching.* New Directions for Teaching and Learning, 66, 57–63.

[10] Shahid, S. A. M., Syahrina, H. M. J., Mary, T. T.O.T., Peter, G. F., & Tajudin, A. (2014). *Relationship Between Knowledge Workers and Teaching Effectiveness Among Malaysian University Lecturers,* International Journal of Business and Management Invention, 3(4), 59-64.

[11] Stefani, L. (2009). *Planning teaching and learning: curriculum design and development,* A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education, Fry, H., Ketteridge, S., and Marshall, S (ed), Routledge, New York, 40-57.

[12] Wachob, P. (2006). Methods and materials for motivation and learner autonomy, *Reflections on English Language Teaching*, 5(1), 93-122.

[13] Wen, J.P., Elizabeth, M., Sally, T., Xiang, R. W., Chong, Z. J., Zhong, L. H., & Sheng, T. (2014). *Emerging perceptions of teacher quality and teacher development in China,* International Journal of Educational Development. 34, 77-89.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1084-1088
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

SYNTHESIS AND CHARACTERISATON OF NEW ASYMMETRIC TRIAZACYCLOHEXANES COMPOUNDS

L. Lefrada[1], R. D. Köhn[2], A. Bouchemma[1], F. Schaper[3], and S. Malki[1]

[1]Département Sciences de la Matière, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Université Oum El Bouaghi, Algeria

[2]Departement of Chemistry University of Bath, Bath, BA2 7AY, United Kingdom

[3]Laboratoire du Frank Schaper, Département de chimie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, Canada

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A new Asymmetric synthesis of triazacyclohexanes compound were prepared from the mixed two equivalents of 4-fluorobenzylamine and one equivalent tert-butylamine or two equivalents 4-bromoaniline and one equivalent isobutylamine with three equivalents of formaldehyde, gave solids compounds with good yields of 1,3-bis(4-fluorobenzyl)-5-tert-butyl-1,3,5-triazacyclohexane 1,3-bis(4-bromophenyl)-5-isobutyl-1,3,5- triazacyclohexane.
The identification of these compounds has been done by CCM, infrared spectroscopy IR, nuclear magnetic resonance spectroscopy of ^{1}H-NMR, ^{13}C NMR.

KEYWORDS: Triazacyclohexane, asymmetric, 4-fluorobenzylamine, tert-butylamine.

1 INTRODUCTION

The formation of 1, 3, 5-triazacyclohexane from primary amines and formaldehyde has been known for more than one hundred years [1]. The triazacyclohane was synthetised from condensation reaction with primary amines and formaldehyde (formalin) in basic solution [2].

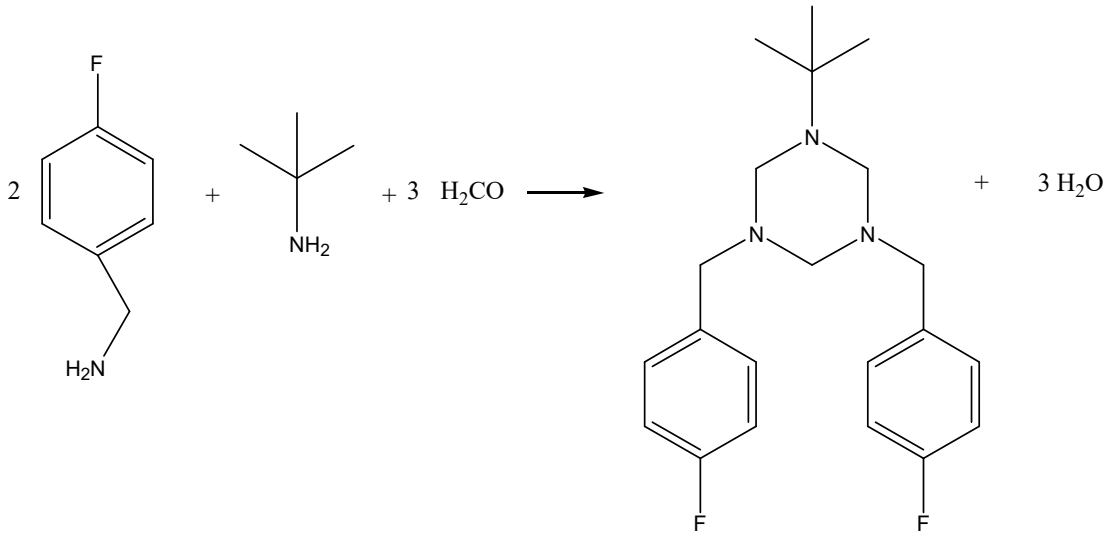
Unsymmetrically substituted triazacyclohexanes were prepared from the condensation reaction between aromatic or aliphatic amine (1), aliphatic or aromatic amine (2) with formaline (3) [2:1:3] [3]. Triazacyclohexan are concerned with a large range of six-memberd ring compounds wich contain three nitrogen atoms in 1,3 and 5 positions [4].

Unsymmetrically subtituted 1, 3, 5-triazacyclohexane have been known for a long time and are used in a variety of ways in industrial chemistry [5]. For instance, N, N', N," - trisubstituted 1, 3, 5-triazacyclohexane can be used as adjuvant for the preparation of N-heterocyclic carbenes wich served as substantial class of ligands in homognenous catalysis [6]. Further, the interest in TAC as ligand seems to growing rapidly [7-12].

2 RESULTS AND DISCUSSION

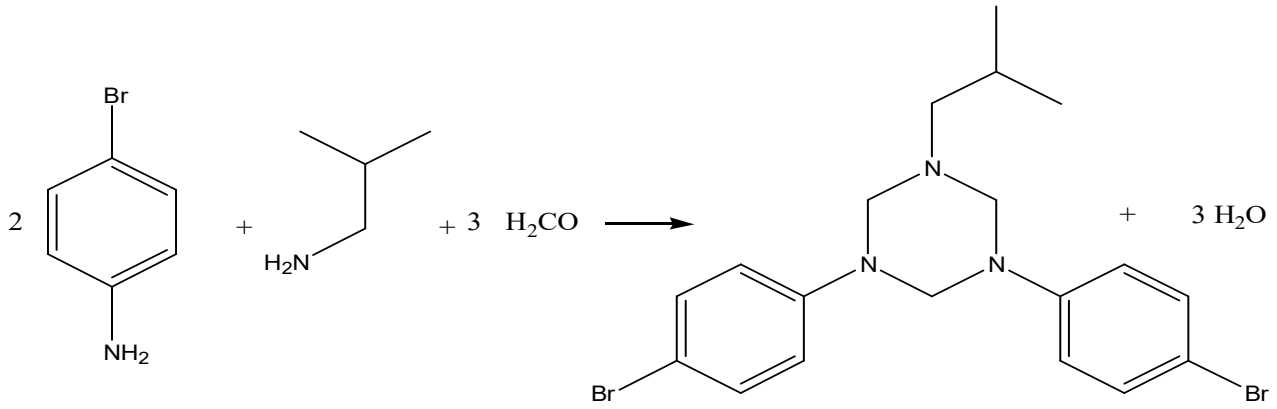
The Unsymmetrically Substituted triazinane Such as 1,3-bis(4-fluorobenzyl) -5-tert-butyl- 1,3,5- triazacyclohexane was prepared from the condensation reaction of tert-butylamine and 4-fluorobenzylamine with formaldehyde (Scheme 1). This compound is stable at room temperature and high yield (85%) with a transparent color.

Corresponding Author: L. Lefrada



Scheme 1

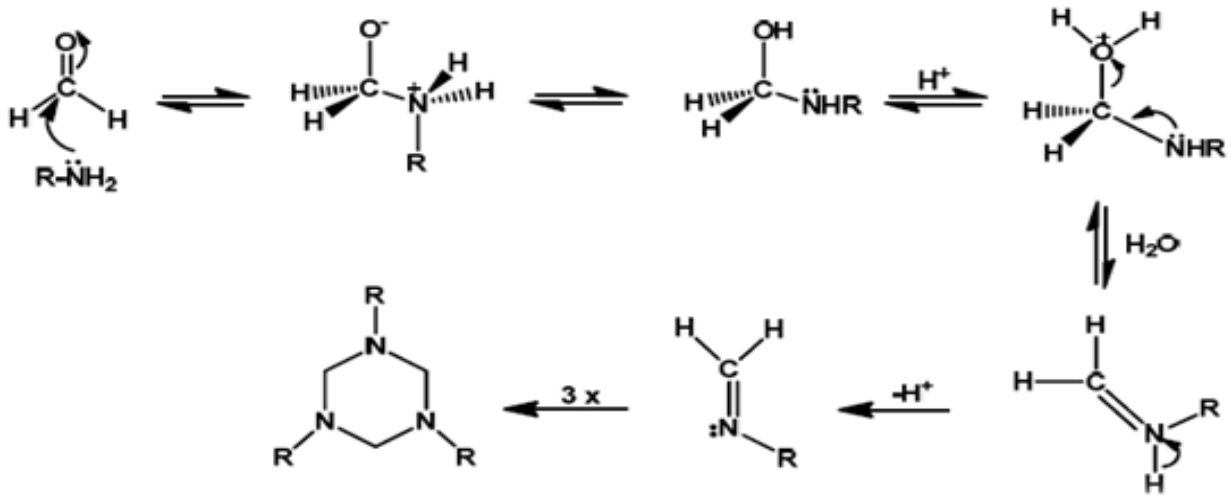
1,3-bis(4-bromophenyl)-5-isobutyl-1,3,5- triazacyclohexane was prepared from the condensation reaction of isobutylamine and 4-bromoaniline with formaldehyde (Scheme 2). This compound is stable at room temperature and high yield (89%) with a transparent color.



Scheme 2

The mechanism of interaction is the production of Schiff base, which polymerize to give:

1,3-bis(4-fluorobenzyl)-5-tert-butyl-1,3,5-triazacyclohexane or 1,3-bis(4-bromophenyl) -5-isobutyl -1,3,5- triazacyclohexane (Scheme 3).



Scheme 3

The characterization of title compound has been explained by FT-IR, ^{1}H, and ^{13}C NMR.

The infrared spectrum of the,3-bis(4-fluorobenzyl) -5-tert-butyl- 1,3,5- triazacyclohexane showed a strong band for the (C-F) group at(1202cm^{-1}), a band at (1598-1498cm^{-1}) for C=C and (753.0 cm^{-1}) for H–C- Ar .however for 1,3-bis(4-bromophenyl)-5-isobutyl -1,3,5- triazacyclohexane showed a strong band for the (C-Br) group at(1173cm^{-1}), a band at (1584.4 -1497.4 cm^{-1}) for C=C and (757.0 cm^{-1}) for H-C- Ar.

The 3-bis (4-fluorobenzyl) -5-tert-butyl- 1, 3, 5- triazacyclohexane ^{1}H NMR. The nine hydrogen atoms appear when you 1.05 ppm unilaterally, four atom of hydrogen 3.68 ppm. triazacyclohexanes ring hydrogen atoms appear when 3.38-.53 ppm and hydrogen atoms of the aryl ring appear when 6.96 -7.31 ppm multiply. However for the 3-bis (4-bromophenyl) - 5-isobutyl -1, 3, 5- triazacyclohexane ^{1}H NMR. The six hydrogen atoms appear when you 0.88 ppm and relate with one atom of hydrogen to give binary form. One atom of hydrogen 2.19 ppm attached to the 8-H to give the form of nine. Tow atom of hydrogen 2.33 ppm attached to the one H to give the doubly form. Triazacyclohexanes ring hydrogen atoms appear when 4.24-4.73 ppm unilaterally and hydrogen atoms of the aryl ring appear when 6.85-7.35 ppm multiply.

The 3-bis (4-fluorobenzyl) -5-tert-butyl- 1, 3, 5- triazacyclohexane ^{13}C NMR, The carbon atoms of the tert-butyl group appear at 26.93, 52.61 ppm, The carbon atoms of the 4-fluorobenzyl group appear at 56.59 ppm.The carbon atoms of the group appears at the 1, 3, 5 triazacyaclohexane 69.05 - 73.88 ppm And carbon atoms of the aryl group appears at 115.36, 130.7, 130.8 ppm, The carbon ring aryl which has a flurine atom appears when it is 135ppm.

However for the, 3-bis (4-bromophenyl) - 5-isobutyl -1, 3, 5- triazacyclohexane ^{13}C NMR, The carbon atoms of the isobutyl group appear at 21.17, 26.85, 60.78 ppm, The carbon atoms of the group appears at the 1, 3, 5 triazacyaclohexane 68.77 - 71.99 ppm And carbon atoms of the aryl group appears at 119.51, 132.44, 148.82 ppm, The carbon ring aryl which has a bromine atom appears when it is 113.36 ppm.

3 EXPERIMENTAL

3.1 INSTRUMENTATION

Purity of the compounds was checked by thin layer chromatography (TLC) using CH_2Cl_2: n-Hexane (2:1, v: v). FT-IR spectra were reported by a Frontier spectrometer in the region of 4000-400 cm $^{-1}$, performing KBr technique. NMR spectra were recorded on Bruker spectrophotometer ARX 500 (500 MHz for proton and 100.62 MHz for carbon). The chemical shifts (δ) are expressed in arts per million (ppm). Tetramethylsilane (TMS) is used as internal reference. The spectra are recorded in deuterated chloroform $CDCl_3$ is used as solvent ($CDCl_3$: δ 7.26 ppm, $CDCl_3$: δ 77.0 ppm).

3.2 SYNTHESIS 1,3-BIS(4-FLUOROBENZYL)-5-TERT-BUTYL-1,3,5- TRIAZACYCLOHEXANE

tert-butylamine (1 ml, 10 mmol) and 4-fluorobenzylamine (2.46 g, 20 mmol) were dissolved in ethanol (10 ml). An aqueous solution of formaldehyde in water (37%, 2.52 ml, 36 mmol) was added under stirring. The mixture was stirred for 7 hours at

25°C. The resulting solution was evaporated on a rotary evaporator to dryness. Color: Colorless. M.p.:119-121 °C. Yield: 85%. Rf (Dichloromethane: n-Hexane, 2:1, v: v): 0.66.

3.3 CHARACTERZATON OF 1,3-BIS(4-FLUOROBENZYL)-5-TERT-BUTYL-1,3,5- TRIAZACYCLOHEXANE

FT-IR (KBr,v, cm-1): 3086(Ar-H), 2955-2872 (CH_3, C),1598-1498(C=C), 1202 (C-F), 753 (Ar-H).

^{1}HNMR (500MHz, CDCl3, δ, ppm): 1.05 (s, 9H, CH_3), 3.68 (s, 4H, CH_2-Ar),3.38 (s, 2H, -N-CH_2-N-), 3.53 (s, 4H, Ar-N-CH_2-N-), 6.96-7.31 (m, 8H, Ar-H).

^{13}CNMR (75 MHz, CDCl3, δ, ppm): 26.93 ($\underline{C}H_3$-C), 52.61(CH_3-$\underline{C}$), 56.59 (Ar-$\underline{C}H_2$-N), 69.05 (-N-$\underline{C}H_2$-N-Ar), 73.88 (Ar-N-$\underline{C}H_2$-N-Ar), 115.36, 130.7, 130.8 ($\underline{C}$H=C-), 135(F- $\underline{C}$).

3.4 SYNTHESIS 1,3-BIS(4-BROMOPHENYL)-5-ISOBUTYL-1,3,5- TRIAZACYCLOHEXANE

isobutylamine (1 ml, 10 mmol) and 4-bromoaniline (3.44 g, 20 mmol) were dissolved in ethanol (10 ml). An aqueous solution of formaldehyde in water (37%, 2.52 ml, 36 mmol) was added under stirring. The mixture was stirred for 7 hours at 25 °C. The resulting solution was evaporated on a rotary evaporator to dryness. Color: Colorless. M.p.:138-139 °C. Yield: 89 %. Rf (Dichloromethane: n-Hexane, 2:1, v: v): 0.47

IR (KBr,v, cm-1): 2927.8(C-H), 1584.4 -1497.4 (C=C), 1273.8(C-N), 1137.0 (C-Br), 757.0 (H- Ar).

^{1}H. NMR (500 MHz, $CDCl_3$): 0.88 (d, 6H, CH_3), 2.19 (m, CH-C_2H_6), 2.33 (d, CH_2-CH), 4.24 (s, 4H, C_4H_9-N-CH_2-N-Ar), 4.73 (s, 2H, Ar-N-CH_2-N-Ar) 6.85-7.35 (m, 8H, Ar).

^{13}C. NMR (100 MHz, $CDCl_3$): 21.17 ($\underline{C}H_3$-CH), 26.85(C_2H_6-$\underline{C}$H-), 60.78 (CH-$\underline{C}H_2$-N), 68.77 (C_4H_9-N-$\underline{C}H_2$-N-Ar), 71.99 (Ar-N-$\underline{C}H_2$-N-Ar), 113.36 ($\underline{C}$-Br) 119.51-132.44($\underline{C}$H=C-), 148.82 (N-$\underline{C}$=).

4 CONCLUSION

We have synthesized and characterizeda new unsymmetrical 1, 3, 5-triazacyclohexane derivative. The synthesis was achieved by condensation of tert-butylamine and 4-fluorobenzylamine with formaldehyde and isobutylamine and 4-bromoaniline with formaldehyde. These compounds are very stablein air and can be a useful ligand for the preparation of new metal complexes.

ACKNOWLEDGEMENTS

We gratefully acknowledge Professor Ahcene Bouchemma director of the Laboratory of Applied Chemistry and Materials Technology of the University Larbi Ben M'hidi of Oum El Bouaghi, Algeria. We gratefully acknowledge Professor Randolf Kohn at University of Bath, England. We would like to thank Professor Frank Schaper Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, University of Montreal, Canada.

REFERENCES

[1] A.P.N. Franchimont, H. Erp, Contribution a la connaissance des nitramines, Rec. Trav. Chim. 15 66e68 (1896).
[2] D. Köhn, M. Haufe, S. Mihan and D. Lilge;. Triazacyclohexane complexes of chromium as highly active homogeneous model systems for the Phillips catalyst; Chem. Commun. 1927–1928, (2000).
[3] M. Chebbah, A. Messai, D. Bilge, A. Bouchemma, C. Parlak. New unsymmetrically substituted triazacyclohexanes. Synthesis,characterisation, antimicrobial properties and DFT study, Journal of Molecular Structure 1129 152-159(2017).
[4] Arshad, M.; Khan,T. A.; Khan, M. A,. Int. J. Pharm. Sci. Res. 149, 0975-9492, (2014).
[5] D.OzbakirIsin, N. Karakus,Quantum chemical study on the inhibition efficcienciesof some sym-triazines as inhibitors for mild steel in acidic medium, J.Taiwan Institute of Chemical Engineers. (2014).
[6] A. Poethig, S.Ahrens, T. Strassner, Acta Crystallogr. E , 63,o2398-o2399Press, 1981, pp. 221–247. (2007).
[7] S. Guido, Synthesis and Coordination Chemistry of Traizacyclohexane and Orthoamides, PhD thesis, Technischen Universitat, Berlin, (1999).
[8] A. Bouchemma, P.H. McCabe, G.A. Sim, Conformations of 1,3,5-triaryl-1,3,5- triazacyclohexanes: comparison of the o-, m-, and p-fluorophenyl compounds, J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2 585-587. (1989).

[9] S. Latreche, A. Bouchemma, S. Bouacida, M. Bouhenguel, A. Mousser, 1,3-Bis(2- fluorophenyl)-5-propyl-1,3,5-triazacyclohexane, Acta Cryst. E 62 o4676-o4678. (2006).
[10] S. Latreche, A. Bouchemma, S. Bouacida, M. Bouhenguel, A. Mousser, 3,5-Bis(4- fluorophenyl)-1-propyl-1,3,5-triazacyclohexane, Acta Cryst. E 62 o4674-o4675 (2006).
[11] S. Latreche, A. Bouchemma, S. Bouacida, H. Mousser, A. Mousser, 3,5-bis(2- fluorophenyl)-1-isopropyl-1,3,5-triazacyclohexane, Acta crys. E 62 o4960-o4962(2006).
[12] L. Lefrada, A. Bouchemma, S. Bouacida, N. Claiser, M. Souhassou, Acta Crystallogr. E, 70(9), o1061-o1062. (2017).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1089-1096
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The use of ICT in teaching practice in ISUTIC

Campos Calenga Pataca

Department of Telecommunication engineering, Higher Institute of Information and Communication Technologies (ISUTIC), Luanda, Angola

Copyright © 2019 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 the study was to examine the educational-technological profile of teachers to boost the use of ICT in teaching practice, in order to outline a strategy for integrating the virtual learning at the ISUTIC (Higher Institute of Information and Communication Technologies). The research design that employed the exploratory descriptive, with a quantitative methods approach was adopted for the study. Specifically, the forty five participants that taught at the ISUTIC in 2017 were used for the analyses. The results indicate that 48.89% of lecturers strongly agree that ICT makes their work more productive, 46.67% agree that ICT makes classes more interactive, 51.11% agree that better ICT knowledge results in greater preparation, 42.22% fully agree that ICTs motivate students and 48.89% agree that they need to become more and more empowered in ICT. The study recommends that, the use of technological tools in teaching-learning activities should be the vision of all teachers who now have the task of preparing intellectually, professionally and culturally future generations. The data are analysed and discussed through assess the level of preparation of teachers and their attitudes towards ICT, to design the necessary training activities.

KEYWORDS: teacher, knowledge, attitude, ICT, ISUTIC.

1 INTRODUCTION

The advent of ICT information and communication technologies has transformed virtually all walks of life, including in the education sector. Today, higher education has faced enormous challenges resulting from the deep and dynamic changes in digital society and market needs [1]. The formulation of educational policy at the global, regional or local level has become complex in the face of cultural, economic and productive changes in the 21st century. The intellectual capital desired to develop lifelong learning is also considered an active force for the creation and promotion of economic growth as well as well-being in all societies [2].

Consequently, the skills and competencies required to produce, develop and manage knowledge and innovation are of utmost importance to any modern society.

Teaching in engineering requires mastery of innovative pedagogical methods by the teacher and continuous updating, but in Angola and particularly in ISUTIC this is not always the case when it comes to professionalism in university teaching. On the one hand, this requirement is considered to be unimportant or unnecessary; on the other hand, there are no opportunities for contact with this area [3], [4].

This paper aims to analyse the technological-educational profile of teachers to boost the use of ICT in teaching practice, as a crucial point to introduce the virtual learning at the ISUTIC.

2 CONTEXTUALIZATION

The ISUTIC is a higher education institution (HEI) in Angola. It was created in 2009 by Executive Decree No. 7/09, of May 12, as an autonomous public HEI, with headquarters in the province of Luanda, was inaugurated on August 29, 2012 and on March

18, 2013 was the effective beginning of classes of the 1st year in the Telecommunications Engineering and Computer Engineering courses [5].

In 2017 the ISUTIC had 45 teachers who taught the 64 subjects of the Telecommunications Engineering and 61 of Computer Engineering courses, divided in two semesters and for the five curricular years, respectively. Due to the nature of the subjects and the curricular plan of the courses, some lecturers take two disciplines per semester, while others teach only one discipline per semester. Being a relatively new institution, the teachers who work there are of heterogeneous origin, ranging in age from 25 to 75 years. Consequently, their knowledge, skills and attitudes in ICT vary from one teacher to the other [6], [7], [8].

One of the current challenges of ISUTIC is the introduction of the virtual learning in its range of courses, aimed at catapulting the young Angolan society to technological sovereignty in the area of ICT and the consequent sustainable development. Therefore, the analysis of the educational-technological profile of the teachers is important to assess their level of knowledge in ICT, with a view to programming the necessary training actions and preparation for the introduction of the virtual learning at the ISUTIC.

3 METHODOLOGY

This is an exploratory descriptive study, with a quantitative approach, carried out in the second half of 2017, with a population sample of lecturers who taught the range of subjects of the ISUTIC Telecommunications Engineering and Computer Engineering courses.

The instrument for data collection comprised a questionnaire that aims to assess the level of knowledge, access and attitudes of teachers to ICTs [9], [10]. As a sample of the study were the 45 teachers who taught at ISUTIC in 2017.

4 DISCUSSION AND RESULTS

The average age of the participants was 34 years and only 20% of the female gender.

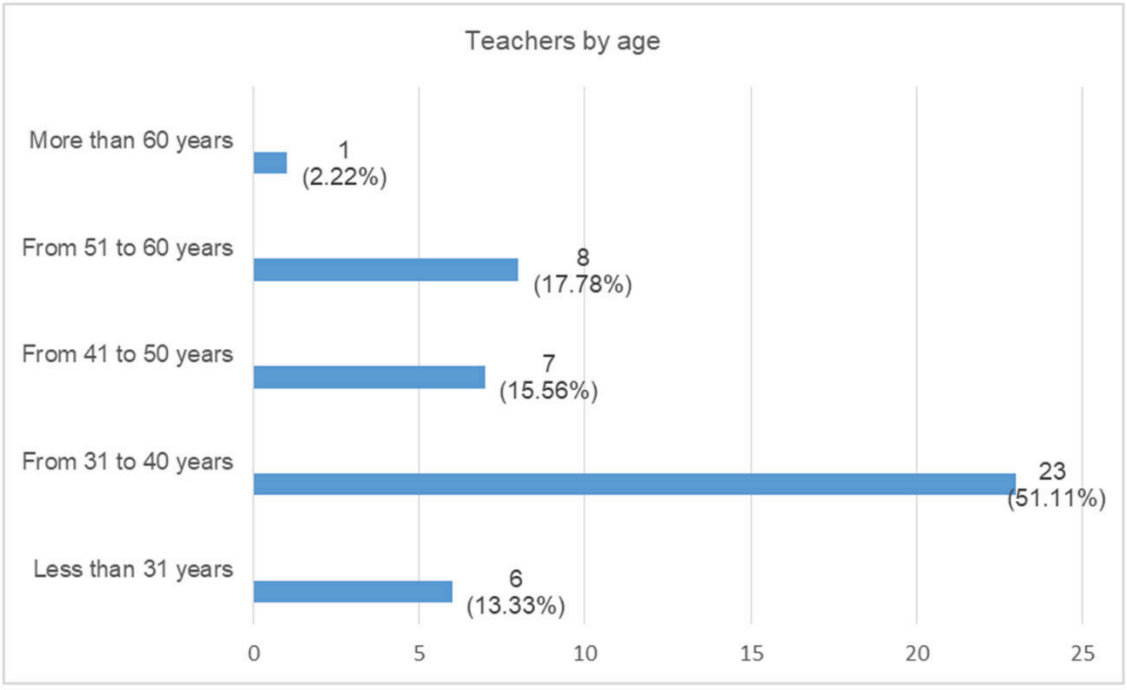


Fig. 1. Age range of teachers involved in this research

The distribution of teachers by gender is shown in Fig. 2, with 9 female teachers (20%) and 36 male teachers (80%), revealing the poor adherence of the female gender to engineering courses, specifically engineering of Telecommunications, in Angola.

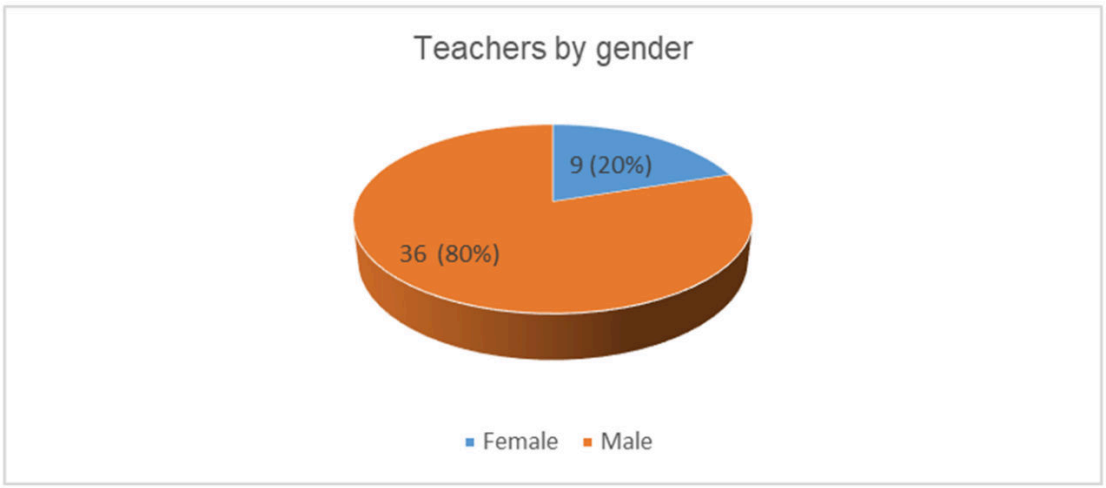


Fig. 2. Distribution of teachers by gender

The distribution of teachers by academic degree is illustrated in Fig. 3, with 8.89% of Doctors, 28.89% of Graduates and 62.22% Masters, which is according to the predominant age group among ISUTIC lecturers.

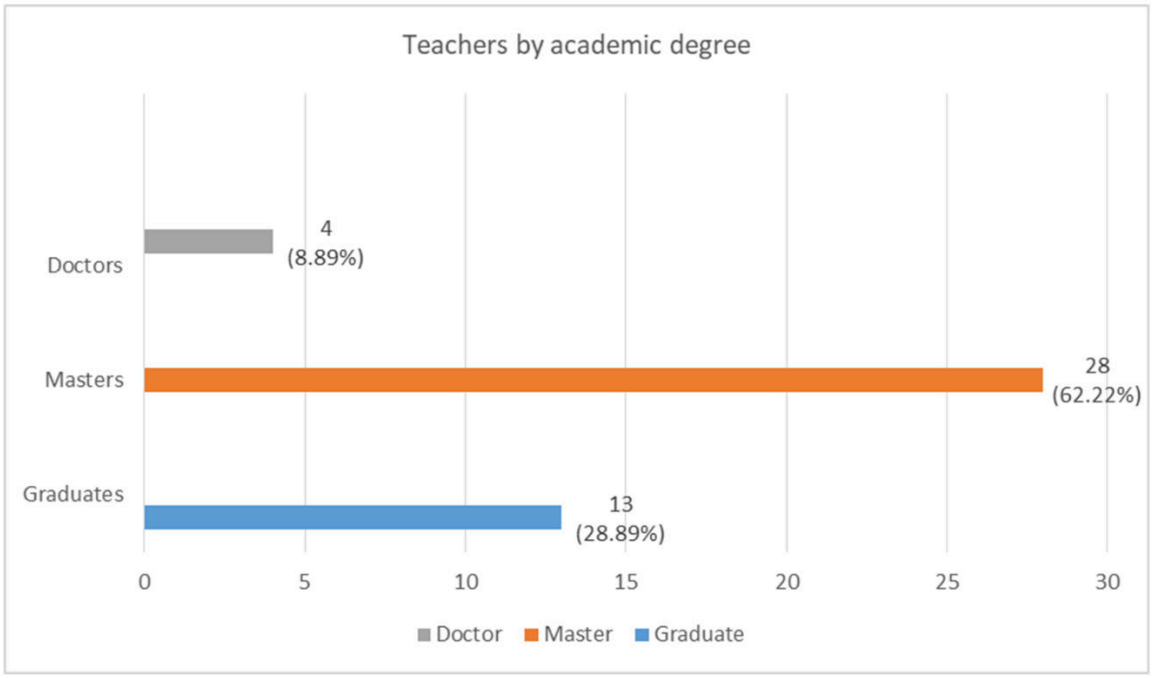


Fig. 3. Distribution of teachers by academic degree

As for seniority in teaching in the subsystem of higher education, 2.22% have more than 20 years of teaching, 11.11% have between 11 and 20 years, 46.67% have between 5 and 10 years and 42.22% have less than 5 years of teaching, as shown in Fig. 4.

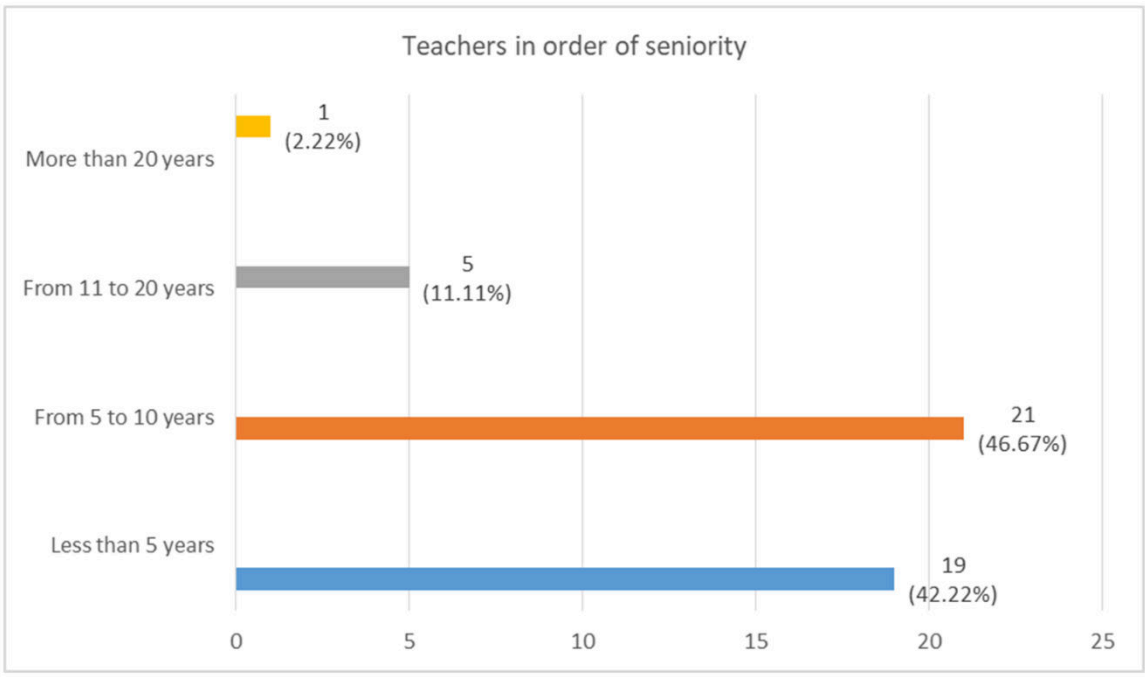


Fig. 4. Distribution of teachers by seniority in teaching in the subsystem of higher education

Currently, two courses are taught at ISUTIC: Telecommunications Engineering and Computer Engineering. The Figure 5 shows the distribution of teachers per course, with 40% teaching in Telecommunications, 37.78% in Computer Engineering and 22.22% teaching subjects common to both courses.

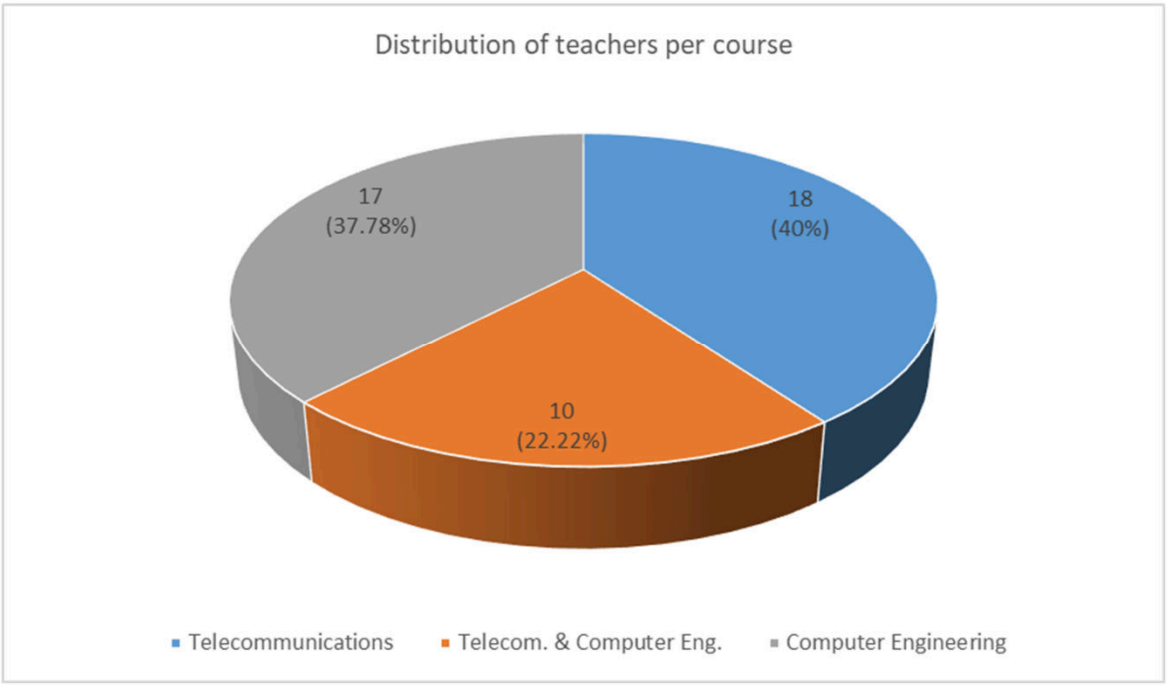


Fig. 5. Distribution of teachers per course

The questionnaire consists of four multiple-variable questions, about the level of knowledge of each lecturer in the field of ICT, access to ICT and teachers' attitudes towards ICT.

4.1 WHAT LEVEL OF KNOWLEDGE ABOUT ICT DOES THE TEACHER HAVE?

- This question is composed of a group of variables that seek to prove the knowledge of the teachers about different technological aspects and was conformed on a scale of: none, low, average, high and advanced knowledge, in each variable (technological tool that was called the area of knowledge).
- The answers to this question resulted in:
  - Variable use of Projector with Computer: 80% of teachers have an average knowledge, 15.56% have high mastery, 2.22% have advanced and low knowledge, respectively.
  - Variable Word, Excel and PowerPoint (PPt): 62.22% have an average knowledge, 15.56% have high knowledge, 11.11% have advanced and low knowledge respectively.
  - Variable Research on the Internet: 51.11% have an average knowledge, 22.22% have high knowledge, 17.78% have advanced knowledge and 8.89% have low knowledge.
  - Virtual Library variable: 28.89% have an average knowledge, 22.22% have high knowledge, 17.78% have advanced knowledge, 28.89% have low knowledge and 2.22% have no knowledge.
  - Variable Website design: 17.78% have no domain, 35.56% have low knowledge, 15.56% have average knowledge, 17.78% have high knowledge and 13.33% have advanced knowledge.
  - Variable E-Learning: 11.11% have no domain, 35.56% have low knowledge, 28.89% have a medium knowledge, 15.56% have high knowledge and 8.89% have advanced knowledge.
  - Variable Videoconference: 17.78% have no domain, 37.78% have low knowledge, 26.67% have average knowledge, 13.33% have high knowledge and 4.44% have advanced knowledge.
  - Variable Moodle platform of ISUTIC (under construction): 28.89% have no knowledge, 62.22% have low knowledge, 4.44% have average knowledge, 2.22% have high knowledge and advanced respectively.
  - Variable Use of Simulators: 4.44% have no domain, 48.89% have low knowledge, 31.11% have average knowledge, 13.33% have high knowledge and 2.22% have advanced knowledge.
  - The synthesized summary of these data is shown in table 1.

Table 1. The level of knowledge about ICT, of ISUTIC lecturers

Level of knowledge	Knowledge Area																	
	Projector-Computer		**Word Excel PPt**		**Search on the internet**		**Virtual Library**		**Design of Websites**		**E-Learning**		**Vídeo conference**		**Moodle Platform of ISUTIC**		**Use of simulators**	
	Nº	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**
None	0	0	0	0	0	0	1	2.2	8	17.8	5	11.1	8	17.8	13	28.9	2	4.44
Low	1	2.22	5	11.1	4	8.89	13	28.9	16	35.6	16	35.6	17	37.8	28	62.2	22	48.9
Average	36	80	28	62.2	23	51.1	13	28.9	7	15.6	13	28.9	12	26.7	2	4.44	14	31.1
High	7	15.56	7	15.6	10	22.2	10	22.2	8	17.8	7	15.6	6	13.3	1	2.22	6	13.3
Advanced	1	2.22	5	11.1	8	17.8	8	17.8	6	13.3	4	8.89	2	4.44	1	2.22	1	2.22
Total	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100

4.2 WITH WHAT KIND OF DEVICE DO YOU HAVE ACCESS TO THE TECHNOLOGIES, IN THE PERFORMANCE OF YOURS DUTIES?

- In this question were selected three devices: Computer, Tablet and Smartphone.
- The answers to this question resulted in: 100% have a computer, 28.89% have a tablet and 84.44% have a smartphone that besides the computer can also be used in teaching. The summary of these data is shown in table 2.

Table 2. Access to ICT in teaching at the ISUTIC

What kind of ICT device do you use in teaching activities?						
Answers	**Computer**		**Tablet**		**Smartphone**	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Yes	45	100	13	28.89	38	84.44
No	0	0	32	71.11	7	15.56
Total	45	100	45	100	45	100

4.3 FOR WHAT PURPOSES AND HOW OFTEN DO YOU USE THE TECHNOLOGICAL DEVICE?

- This question is composed of a group of variables that seek to prove the use of the device in the different activities and was conformed on a scale of: never, rarely and frequently, in each variable (which was called purpose of use).
- The answers to this question resulted in: (relative to the Computer)
  - Variable Search information on the Internet: 53.33% use rare and 46.67% frequently.
  - Variable Elaborate activities in Word / Excel: 37.78% use rarely and 62.22% use frequently.
  - Variable PowerPoint Presentations: 26.67% use rarely and 73.33% use frequently.
  - Variable Communicate with students and teachers: 8.89% never, 53.33% use rarely and 37.78% frequently.
  - Variable Use Simulators: 4.44% never, 80% rarely and 15.56% use frequently.
  - Variable use of Social Networks: 4.44% never, 15.56% rarely and 80% use frequently. The summary of these data is shown in table 3.a).
- The answers related to the Smartphone (and Tablet) are shown in table 3.b), where the percentages were calculated with reference to 38 which is the total number of teachers holding this device and use it as an alternative to the computer in the exercise of its functions.

Table 3. The purposes and frequency of use of ICT devices, by ISUTIC teachers

a) Computer

Frequency	The purposes of use of ICT devices											
	Search information on the internet		**Elaborate activities in word/excel**		**PowerPoint presentations**		**Communicate with students and teachers**		**Use of simulators**		**Use of social networks**	
	Nº	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**
Never used	0	0	0	0	0	0	4	8.89	2	4.44	2	4.44
Rarely	24	53.33	17	37.78	12	26.67	24	53.33	36	80	7	15.56
Frequently	21	46.67	28	62.22	33	73.33	17	37.78	7	15.56	36	80
Total	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100	45	100

b) Smartphone or Tablet

Frequency	The purposes of use of ICT devices											
	Search information on the internet		**Elaborate activities in word/excel**		**PowerPoint presentations**		**Communicate with students and teachers**		**Use of simulators**		**Use of social networks**	
	Nº	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**
Never used	0	0	19	50	20	52.63	20	52.63	14	36.84	0	0
Rarely	20	52.63	13	34.21	15	39.47	15	39.47	18	47.37	5	13.16
Frequently	18	47.37	6	15.79	3	7.89	3	7.89	6	15.79	33	86.84
Total	**38**	**100**	**38**	**100**	**38**	**100**	**38**	**100**	**38**	**100**	**38**	**100**

4.4 WHAT ATTITUDES TOWARDS ICT DOES THE TEACHER HAVE?

- This question is composed of a group of variables that seek to verify the teachers' attitudes about different statements and was conformed in a scale of opinions: totally disagree, disagree, indifferent, agree and totally agree, in each variable (affirmation).
- The answers to this question resulted in:
  - Variable ICT incompatible with the discipline: 48.89% totally disagree, 42.22% disagree, 6.67% indifferent and 2.22% agree.
  - Variable No domain: 40% totally disagree, 42.22% disagree, 4.44% indifferent, 11.11% agree and 2.22% totally agree.
  - Variable I do not have time to prepare: 37.78% totally disagree, 48.89% disagree, 4.44% indifferent, 6.67% agree and 2.22% totally agree.

- Variable ICT distracts students: 37.78% totally disagree, 40% disagree, 6.67% indifferent, 11.11% agree and 4.44% totally agree.
- Variable Use only when necessary: 20% totally disagree, 42.22% disagree, 4.44% indifferent, 22.22% agree and 11.11% totally agree.
- Variable I need to train myself: 6.67% disagree, 11.11% indifferent, 48.89% agree and 33.33% totally agree.
- Variable ICT are innovation in teaching: 2.22% indifferent, 62.22% agree and 35.56% totally agree.
- Variable Scarce resources in the ISUTIC: 11.11% totally disagree, 28.89% disagree, 26.67% indifferent, 22.22% agree and 11.11% totally agree.
- Variable ICT motivates students: 8.89% disagree, 11.11% indifferent, 37.78% agree and 42.22% fully agree.
- Variable They make the classes more interactive: 4.44% disagree, 6.67% indifferent, 46.67% agree and 42.22% totally agree.
- Variable Improve learning: 2.22% disagree, 6.67% indifferent, 51.11% agree and 40% totally agree.
- Variable ICT increases productivity: 2.22% disagree, 6.67% indifferent, 42.22% agree and 48.89% fully agree.
- Variable Better ICT knowledge, higher preparation: 2.22% totally disagree, 2.22% disagree, 4.44% indifferent, 51.11% agree and 40% totally agree.
- Variable I enjoy time using ICT: 2.22% totally disagree, 6.67% indifferent, 48.89% agree and 42.22% totally agree.
- Variable They require a great inversion: 6.67% totally disagree, 6.67% disagree, 4.44% indifferent, 48.89% agree and 33.33% totally agree.
- Variable Willing to change the way of teaching: 2.22% disagree, 4.44% indifferent, 51.11% agree and 42.22% totally agree.

- The synthesized summary of these data is shown in table 4.

Table 4. The attitudes of teachers towards the use of ICT

Teacher opinion	The Attitudes of teachers															
	ICT incompatible with the discipline		**No domain**		**I do not have time to prepare**		**The ICT distract students**		**Use only when necessary**		**I need to train myself**		**The ICT are innovation in teaching**		**Scarce resources in the ISUTIC**	
	Nº	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**	**Nº**	**%**
Totally disagree	22	48.9	18	40	17	37.8	17	37.8	9	20	0	0	0	0	5	11.1
Disagree	19	42.2	19	42.2	22	48.9	18	40	19	42.2	3	6.67	0	0	13	28.9
Indifferent	3	6.67	2	4.44	2	4.44	3	6.67	2	4.44	5	11.1	1	2.22	12	26.7
Agree	1	2.22	5	11.1	3	6.67	5	11.1	10	22.2	22	48.9	28	62.2	10	22,2
Totally agree	0	0	1	2.22	1	2.22	2	4.44	5	11.1	15	33.3	16	35.6	5	11.1
Total	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**	**45**	**100**

- The predominant age group among the ISUTIC lecturers is the age of 30 (specifically between 31 and 40 years). These lecturers have some positive experience with the use of ICT and realize that it is an important and necessary element to improve their activities. Their perception of technology as a propitiator of new forms of teaching allows them to be willing to make changes in the pedagogical practice of learning and adapting to new styles that include ICT [9].
- There has also been an insignificant minority with attitudes that show some reluctance in the change of action before the ICT, and that considers the ICT like a element that distracts the students in the classes. These are the lecturers accustomed to the conventional teaching model in which the only active element is the teacher. It is important to emphasize that teacher training policies have been relegated to a second or third priority, which reveals some discrepancy in the domain and competences of ICT by the ISUTIC lecturers.

5 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

It was observed that despite the heterogeneous nature, the questioned lecturers present a higher level of knowledge in the use of Word, Excel and PowerPoint with 62,22%, search of information on the internet with 51.11%, use of simulators with 31.11% and the most popular is the use of Projector-Computer with 80%.

The focus of lecturer knowledge focuses on the use of basic tools.

All lecturers questioned have a Computer that more frequently for some and smaller for others, make use of their teaching activities. In addition to the Computer, 84.44% have a Smartphone and 28.89% have a Tablet that they use, when necessary as an alternative to the Computer, in their activities.

Regarding lecturers' attitude towards some statements, the results indicate that 48.89% of lecturers strongly agree that ICT makes their work more productive, 46.67% agree that ICT makes classes more interactive, 51.11% agree that better ICT knowledge results in greater preparation, 42.22% fully agree that ICTs motivate students and 48.89% agree that they need to become more and more empowered in ICT. These aspects are positive and include the taking of actions conducive to the ongoing training and qualification of lecturers and the bet on the introduction of a virtual learning model.

There were also some results of attitudes that show some resistance to change, with 11.11% agreeing that ICT distracts students, 11.11% does not have basic ICT skills, 6.67% do not have time to prepare with help of ICT tools and 2.22% believe that ICTs are not compatible with their discipline. Obviously with dynamic training these last attitudes can change.

Faced with these evidences, it is advisable to create and implement dynamic ICT training and capacity-building actions to enable and improve the skills and attitudes of lecturers. That such training actions contemplate the preparation for the introduction of the virtual modality in ISUTIC.

Finally, the use of technological tools in teaching-learning activities should be the vision of all teachers who now have the task of preparing intellectually, professionally and culturally future generations.

REFERENCES

[1] L. F. Quintanilha, "Inovação pedagógica universitária mediada pelo Facebook e YouTube: uma experiência de ensino-aprendizagem direcionado à geração - Z," *Educar em Revista*, vol. 33, no. 65, pp. 249–263, 2017.

[2] T. Ruutmann, "Additional Specialty of a Technical Teacher for Engineers Afforded in Continuing Education at Tallin University of Technology," *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, pp. 43–47, 2016.

[3] L. G. Coelho, and J. A. B. Grimoni, "Work-in-Progress: Consolidating Engineering Education Discipline at Polytechnic School of University of São Paulo," *Proceeding of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning*, IEEE, 2015.

[4] L. P. Silva, and S. Cecílio, "A mudança no modelo de ensino e formação na engenharia, " *Educação em Revista*, vol. 45, pp. 61–80, 2007.

[5] C. C. Pataca, V. E. Sentí, and S. R. P. Medina, "Retos para le Introducción de la Enseñanza a Distancia en el ISUTIC," *Revista Educateconciencia*, vol. 5, no. 6, pp. 135–145, 2015.

[6] C. D. Barbosa, L. M. Gomes, M. L. Chagas, and F. C. L. Ferreira, "O uso de simuladores via Smartphone no ensino de ciência como ferramenta pedagógica na abordagem de conteúdos contextualizados de Física," *Scientia Plena*, vol. 13, no. 1, pp. 1–13, 2017.

[7] M. G. F. dos Dantos, N. R. Marcondes, and R. Tonini, "Virtualização do ensino superior de ciências contábeis: implementação de atividades complementares culturais avaliadas por competências," *XI Congreso Internacional de Educación Superior – Universidad 2018*, Memorias VIR, pp. 547–556, 2018.

[8] C. C. Pataca, "The Most Used Technological Tools by Telecommunications Students in ISUTIC," *International Research Journal of Engineering and Technology - IRJET*, vol. 5, no. 2, pp. 1834–1839, 2018.

[9] O. A. A. López, "Características, actitudes y conocimientos de los docentes universitários de grado de UNAH-VS, com relación al uso de las TIC en su práctica docente," *XI Congreso Internacional de Educación Superior – Universidad 2018*, Memorias FOR, pp. 2361–2522, 2018

[10] H. R. López, N. C. Soto, J. R. A. Peña, and G. D. Fernández, "Acceso y uso de las TIC por docentes universitários," *XI Congreso Internacional de Educación Superior – Universidad 2018*, Memorias VIR, pp. 333–340, 2018.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1097-1107
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Characterization of the refractive index of isotropic materials by three-detector microwave ellipsometry

A. I. H. Gogo[1-2], B. Bayard[2], A. Moungache[3], and F. GAMBOU[3]

[1]Department of Industrial and Maintenance Engineering,
University of Mongo,
Mongo, Chad

[2]Laboratoire Hubert Curien,
Jean Monnet University,
Saint-Etienne, France

[3]Department of Technology,
University of Ndjamena,
Ndjamena, Chad

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A three-detector microwave ellipsometer is an experimental free-space bench for characterization of non-transparent materials. It is a non-destructive characterization technic working in oblique transmission in the frequencies range of 26 to 30 GHz. A vector network analyzer (VNA) is used as microwave source. The method is based on the determination of complex diagonal tensor which requires the measurement of the sample transmission coefficients. Calibration of the network vector analyzer is needed in order to correct the values of this coefficients due to the measurement errors. The aim of this paper is to show that One Path Two Ports calibration method is convenient for this technic.

KEYWORDS: Microwave, ellipsometry, free space method, isotropic materials, calibration.

1 INTRODUCTION

Natural isotropy is present in many materials at different levels and is directly related to their dielectric properties. As non-destructive methods, microwave techniques are efficient to characterize it. These techniques are based on measurement of transmitted or reflected wave send through the sample in free space [1], [2]. For better accuracy of the measurement, a vector network analyzer (VNA) [3] is used in some cases to automate the process.

In this paper, we use a polarimetric transmission measurement techniques with three fixed detectors to characterize isotropy of materials in free space as described in some previous works [4], [5]. So called microwave ellipsometry method, the technique requires the determination of the angle between the elliptical transmitted polarization and the linear incident waves. This is quite possible by the knowledge of the reflection and transmission coefficients (S_{11}, S_{21}) of the sample under testing. The incident wave is provided by a VNA through coaxial cables that have to be calibrated. We adopt the One Path Two Port Calibration method for the errors determination in order to correct these reflections and transmissions coefficients. The measured and then, adjusted transmission coefficient S_{21}, leads to the three detectors given intensities. These intensities allow the calculation of the rotation (angle between elliptical polarization axes). The theoretical calculation model is based on the Jones' matrix formalism representing each element in the measurement system. In this model, we determine the three intensities with respect to the angle. First, we calculate the transmission coefficients of the considered sample which are related to its dielectric properties in given experimental conditions (frequency, incidence angle and angular position of the

Corresponding Author: A. I. H. Gogo

sample). Then, the best matching between measurement and simulation of these coefficients is met by inverse problem resolution based on classical Levenberg–Marquardt optimization on complex refractive indices [2].

In this paper, we deal with the calibration procedure to be performed for measuring the transmission coefficient in the case of the three-detector microwave ellipsometer. After all, we will present some results yielded from it.

2 PRINCIPLE OF THE MEASUREMENT

An isotropic media can be described by its thickness d and its three complex optic indexes N_x, N_y and N_z. Generally, when the material is biaxial, these indexes form an ellipsoid.

$$N_i = n_i - jk_i \text{, with } i = \{x, y, z\} \quad (1)$$

Each index is related to a complex permittivity given by:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_i^{'} - j\varepsilon_i^{''} \text{, with } i = \{x, y, z\} \quad (2)$$

Generally, the associated tensor ε is symmetric and is given by the following matrix:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{zz} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Similarly to the case of isotropy, $n_i = \sqrt{\varepsilon_i}$, the elements of this tensor enter into the calculation of the following matrix [6], [7] Δ of the equation (4).

$$\Delta = \begin{bmatrix} -k_{xx}\dfrac{\varepsilon_{zx}}{\varepsilon_{zz}} & -k_{xx}\dfrac{\varepsilon_{zy}}{\varepsilon_{zz}} & 0 & 1-\dfrac{k_{xx}^2}{\varepsilon_{zz}} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \varepsilon_{yx}-\varepsilon_{yz}\dfrac{\varepsilon_{zx}}{\varepsilon_{zz}} & k_{xx}^2-\varepsilon_{yy}+\varepsilon_{yz}\dfrac{\varepsilon_{zy}}{\varepsilon_{zz}} & 0 & k_{xx}\dfrac{\varepsilon_{yz}}{\varepsilon_{zz}} \\ \varepsilon_{xx}-\varepsilon_{xz}\dfrac{\varepsilon_{zx}}{\varepsilon_{zz}} & \varepsilon_{xy}-\varepsilon_{xz}\dfrac{\varepsilon_{zy}}{\varepsilon_{zz}} & 0 & k_{xx}\dfrac{\varepsilon_{xz}}{\varepsilon_{zz}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

k_{xx} is related to the component of the propagation vector k_x, and ε_{ij} are the elements of the tensor.

The component of the propagation vector through x-axis is given by:

$$k_x = \frac{\omega}{c} n_0 \sin\varphi \quad (5)$$

where n_0 is the ambient index and φ the angle of incidence angle.

So the expression of k_{xx} is given by:

$$k_{xx} = \frac{c}{\omega} k_x = n_0 \sin\varphi \quad (6)$$

The matrix Δ of equation (4) makes it possible to determine the partial transfer matrix T_p established by Schubert from the Berremen equation [6], [7]:

$$T_P = \exp\left(i\frac{\omega}{c}\Delta(-d) \right) \quad (7)$$

where ω is the angular frequency, c the light speed, and d the thickness of the material.

Schubert defined two matrixes: an input matrix L_i (incident matrix) and an output matrix L_t (matrix of transmission).

The input matrix L_i is obtained from the tangential components of the electric field and the magnetic field through the ambient-material interface at $z = 0$. Then, its inverse matrix L_i^{-1} is given by the following expression:

$$L_i^{-1} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 0 & 1 & -1/n_0\cos\varphi & 0 \\ 0 & 1 & 1/n_0\cos\varphi & 0 \\ 1/\cos\varphi & 0 & 0 & 1/n_0 \\ -1/\cos\varphi & 0 & 0 & 1/n_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

The output matrix L_t, is expressed according to the variation of the electric fields and the magnetic fields transverse to the material-ambient interface at $z = d$ and is given by the following expression :

$$L_t = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cos\varphi_t & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -n_2\cos\varphi_t & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n_2 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

In our case $\varphi_t = \varphi$ and $n_2 = n_0$.

Given the transfer matrix T_p, the inverse input matrix L_i^{-1} and the output matrix L_t, a new matrix called the transfer matrix T is defined and given by the following expression [8], [12], [9], [6] :

$$T = L_i^{-1} T_p L_t \quad (10)$$

This transfer matrix T is a 4 × 4 matrix and expressed as follow:

$$T = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix} \quad (11)$$

The elements of this matrix are used to determine the transmission coefficients which constitute the Jones matrix of the equation (21). These coefficients are described by the following equations [8]:

$$t_{pp} = \frac{T_{11}}{T_{11}T_{33} - T_{13}T_{31}} \quad (12)$$

$$t_{sp} = \frac{-T_{13}}{T_{11}T_{33} - T_{13}T_{31}} \quad (13)$$

$$t_{ss} = \frac{T_{33}}{T_{11}T_{33} - T_{13}T_{31}} \quad (14)$$

$$t_{ps} = \frac{-T_{31}}{T_{11}T_{33} - T_{13}T_{31}} \quad (15)$$

The three detectors ellipsometer can be configured for measurement in transmission and either oblique or normal incidence. In our case, we process in oblique incidence φ ($\varphi = 36^0$). During the measurement process, the sample rotates around the direction of propagation with fixed step (2^0) in order to obtain a set of measurements. Angular position θ is measured from the direction of the incident wave [5] Fig. 1.

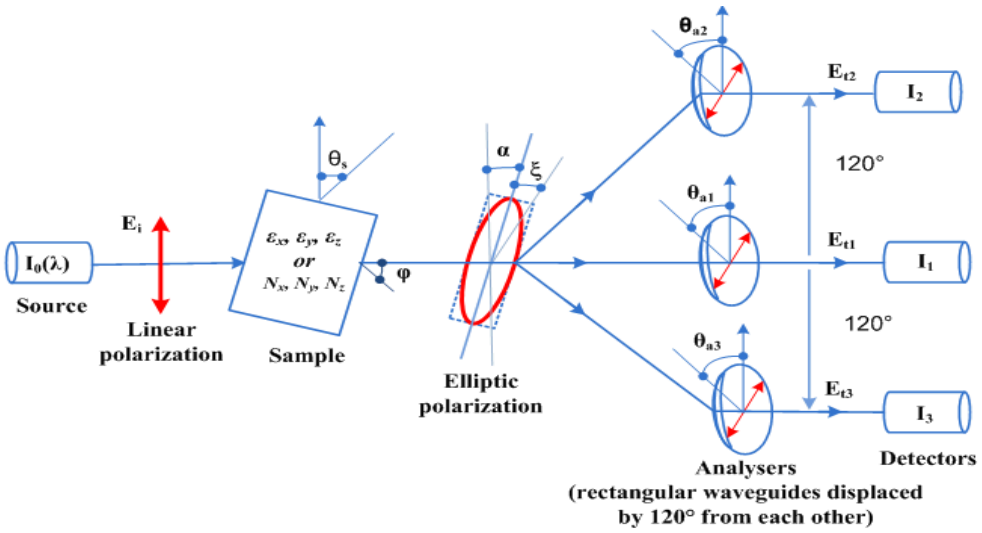


Fig. 1. Principle of the measurement method

Transmitted and incident waves fields are theoretically bound by the formalism of Jones matrix [8], [10] given by:

$$E_t = R(\theta_s) M_s R(-\theta_s) M_a R(\theta_a) E_i \quad (16)$$

where $R(\theta_s)$, $R(-\theta_s)$ are the Jones's matrixes of the rotation of the sample and M_s is Jones matrix of the sample. M_a is the Jones matrix of the analyzer and $R(\theta_a)$ is the Jones matrix of its rotation. During measurement, only the sample rotates whereas the analyzer is motionless ($\theta_a = 0$).

The linear incident polarization is along the x-axis. Three branches represent the three analyzers which are rectangular waveguides placed at 120° from each other. As for the three directions, the transmitted electric fields are given by the following equations:

$$E_{t_1} = R(\theta_s) M_s R(-\theta_s) M_a R(\theta_a) E_i \quad (17)$$

$$E_{t_2} = R(\theta_s) M_s R(-\theta_s) M_a R(\theta_a + 120^0) E_i \quad (18)$$

$$E_{t_3} = R(\theta_s) M_s R(-\theta_s) M_a R(\theta_a - 120^0) E_i \quad (19)$$

The corresponding theoretical electromagnetic intensities are given by the dot product:

$$I_i = E_{t_i}{}^* E_{t_i} \quad (20)$$

where $i = 1,2,3$ referring to branch directions.

Theses intensities depend on the angular rotation of the sample $I_i(\theta_s)$.

For the isotropic case, M_s Jones matrix is

$$M_s = \begin{bmatrix} t_{pp} & 0 \\ 0 & t_{ss} \end{bmatrix} \quad (21)$$

Where t_{pp} , t_{ss} are transmission coefficients depending on parallel and perpendicular axes [11], [12], [13].

They are function of sample dielectric properties, thickness and incident wave frequency.

The rotation α measured by our ellipsometer [5], i.e. the angle between the large radius of the transmitted elliptical wave and the direction of the linear emitted wave Fig. 4, is calculated as a function of three theoretical intensities :

$$\alpha = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{\sqrt{3}(I_3 - I_2)}{2I_1 - I_2 - I_3}\right] \quad (22)$$

The three calculated intensities depend on the starting value of the diagonal tensor.

To compare the theoretical value of the rotation α given in equation (22) with its measured value, we need to measure transmission coefficients through the three detectors. To do so, we use a 2-port calibration procedure to correct them.

3 VNA CALIBRATION

Before measuring S_{11} and S_{21} parameters of the device under test (DUT), VNA must be calibrated to calculate system errors. Depending on the desired correction, different 2 ports calibration types can be performed. The 2-portcalibration method determines the best uncertainty [14], [15]. The most common used methods consist in calculating 12 error terms, 6 forward and 6 reverse error terms [16] as depicted in Fig. 2.

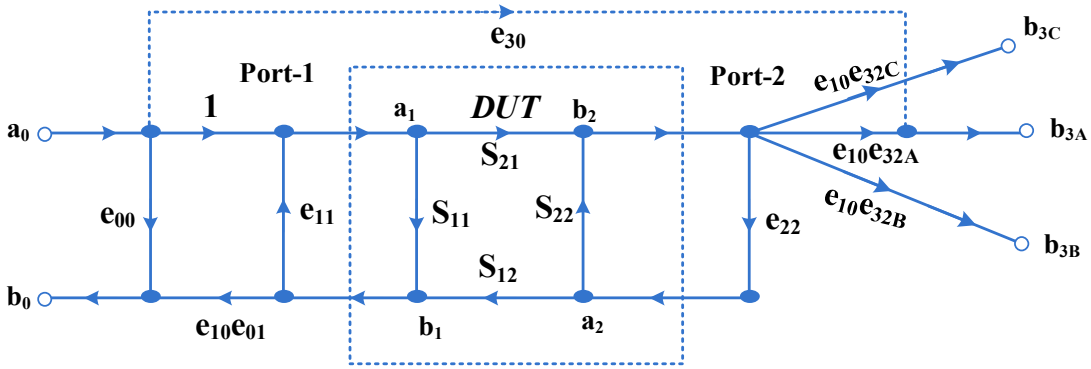


Fig. 2. Graph of influence model 12 terms

e_{00} : Directivity

e_{11} : Port-1 (Source) Match

$e_{10}e_{01}$: Reflection Tracking

$e_{10}e_{32}$: Transmission Tracking

e_{30} : Leakage (crosstalk)

e_{22} : Port-2 (Load) Match

The One Path Two ports calibration method we use consists of calculating 3 error terms (3 related to port 1 and 2 associated to Port 2). In our case, we do not take into account isolation error.

3.1 PORT 1 CALIBRATION

TSO (Thru, Short and Offset-Short) tests are required. Then, error terms of port 1 are calculated from Fig. 2:

$$e_{00} = S_{11m}(Thru) \quad (23)$$

$$e_{11} = \frac{\left(\left(S_{11m}(OffsetShort) - e_{00} \right)^{e^{-2\Gamma(OffsetShort)}} - S_{11m}(Short) - e_{00} \right)}{S_{11m}(Short) - S_{11m}(OffsetShort)} \quad (24)$$

$$e_{10}e_{01} = -(S_{11m}(Short) - e_{00})(1 - e_{11}) \quad (25)$$

Where $\Gamma(OffsetShort) = j\omega c * d$ and d is the distance of the Offset Short

3.2 PORT 2 CALIBRATION

Thru calibration calculates the port 2 error terms. In this procedure $e_{22} = 0$.

$$e_{10}e_{32(A,B,C)} = S_{21m}(Thru_{(A,B,C)}) \quad (26)$$

3.3 S_{11} AND S_{21} CORRECTION

To calculate the Device Under Test (DUT) corrected S_{11}, it is necessary to measure S_{11m} and apply the appropriated mathematical correction [17] using equations (23), (24), (25), which give

$$S_{11(A,B,C)} = \frac{S_{11m(A,B,C)}(DUT) - e_{00}}{e_{10}e_{01} + e_{11}\left(S_{11m(A,B,C)}(DUT) - e_{00} \right)} \quad (27)$$

To calculate DUT adjusted S_{21} parameter, it is also necessary to measure the S_{21m} parameter and apply proper mathematical correction16 using equations (24), (26), (27) which give

$$S_{21(A,B,C)} = \frac{S_{21m(A,B,C)}(DUT)\left(1 - e_{11}S_{11(A,B,C)}\right)}{e_{10}e_{32(A,B,C)}} \quad (28)$$

Measurements are done in transmission with three detectors 120° shifted each from other and in oblique incidence as shown in Fig. 3. Three transmission coefficients corresponding to the three intensities are determined.

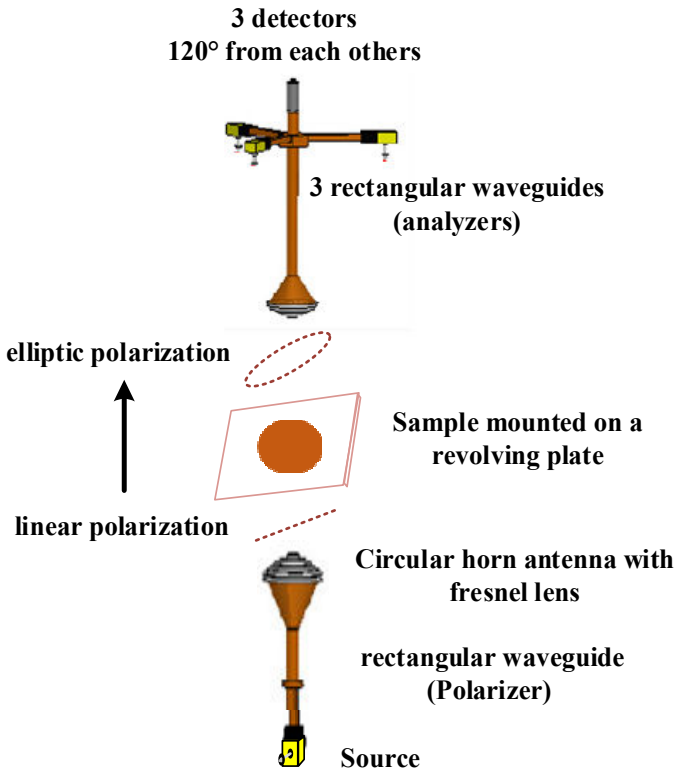


Fig. 3. Configuration of the experimental measurement bench

The three intensities measured are deduced from corrected S_{21} (eq. 28).

$$I_1 = S_{21A} \text{ for detector 1 (29)}$$

$$I_2 = S_{21B} \text{ for detector 2 (30)}$$

$$I_3 = S_{21C} \text{ for detector 3 (31)}$$

One detector is placed in the direction of the incident polarization. The maximum energy is recovered by this one. The two other detectors recover quite the same energy is which equal to the quarter of that of the first one.

The Intensities are measured for different angular positions of the sample with a frequency sweep. It is possible to calculate the rotation α of the equation (22) Fig. 4.

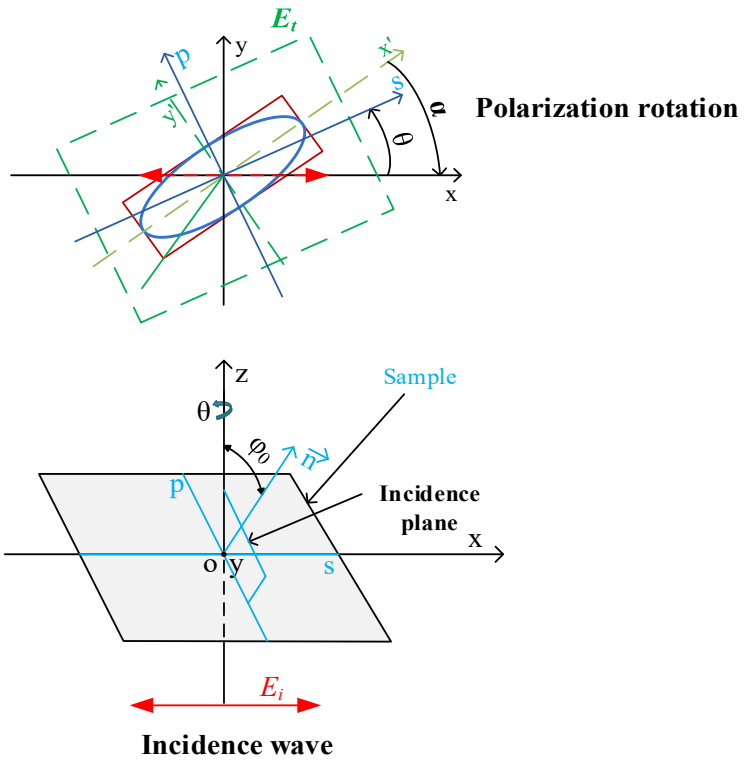


Fig. 4. Polarization state change of the polarized wave propagating in isotropic media

4 RESULTS

In Fig. 5, we present one example of characterization of a polytetrafluoroethylene (PTFE) sample.

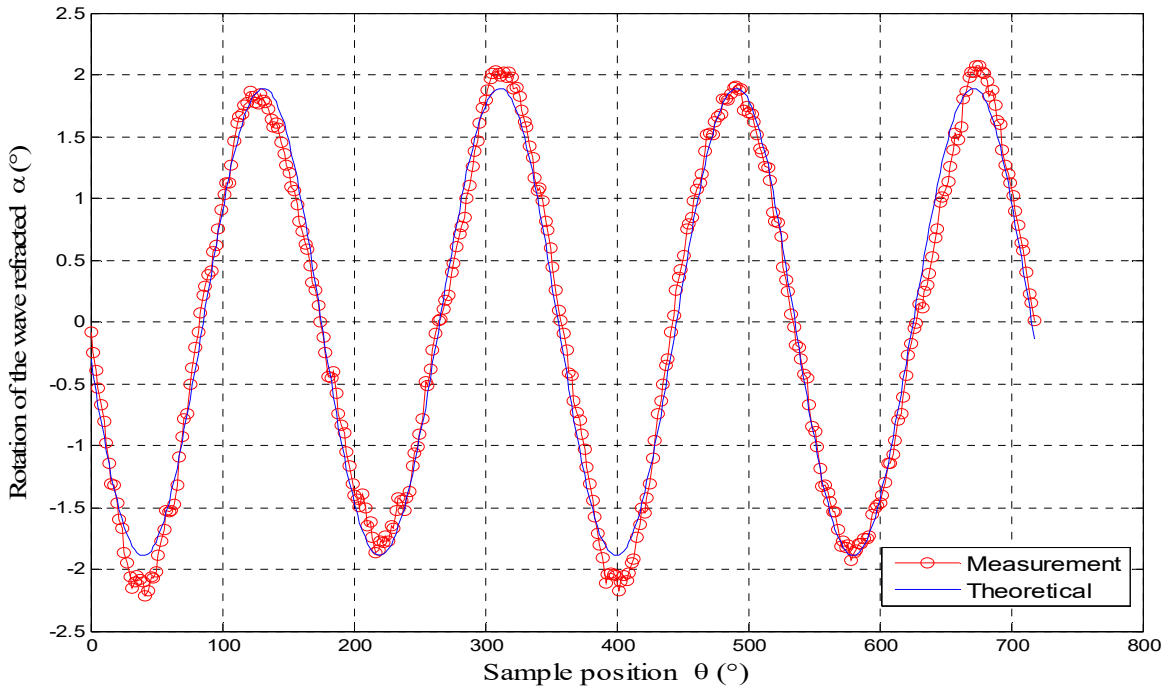


Fig. 5. Characterization curve of a PTFE sample having 2 mm of thickness at f = 26 GHz.

The results of the 2 mm thick refractive indices and absorption indices obtained from the tensor results of complex permittivities after resolution of the inverse problem for a frequency of 26 GHz of the incidence wave are summarized in Table 1.

Table 1. Characterization results

Thickness 2 mm , f = 26 GHz					
$\varepsilon_x^{'}$	$\varepsilon_x^{''}$	$\varepsilon_y^{'}$	$\varepsilon_y^{''}$	$\varepsilon_z^{'}$	$\varepsilon_z^{''}$
2.0921	0.0366	2.1017	0.4091	2.0298	0.0544
n_x	k_x	n_y	k_y	n_z	k_z
1.4465	0.0126	1.4565	0.1404	1.4249	0.0191

he following example shows the correlation between the model of interaction and the measurement. The PTFE refraction indices obtained when solving the inverse problem are almost equal to their values given in the several references [18], [19], [20], [5], where $N = \sqrt{\varepsilon}$ and ε is the permittivity of the sample. As the PTFE is known as non-absorbent, it is quite normal that the absorption coefficients be low.

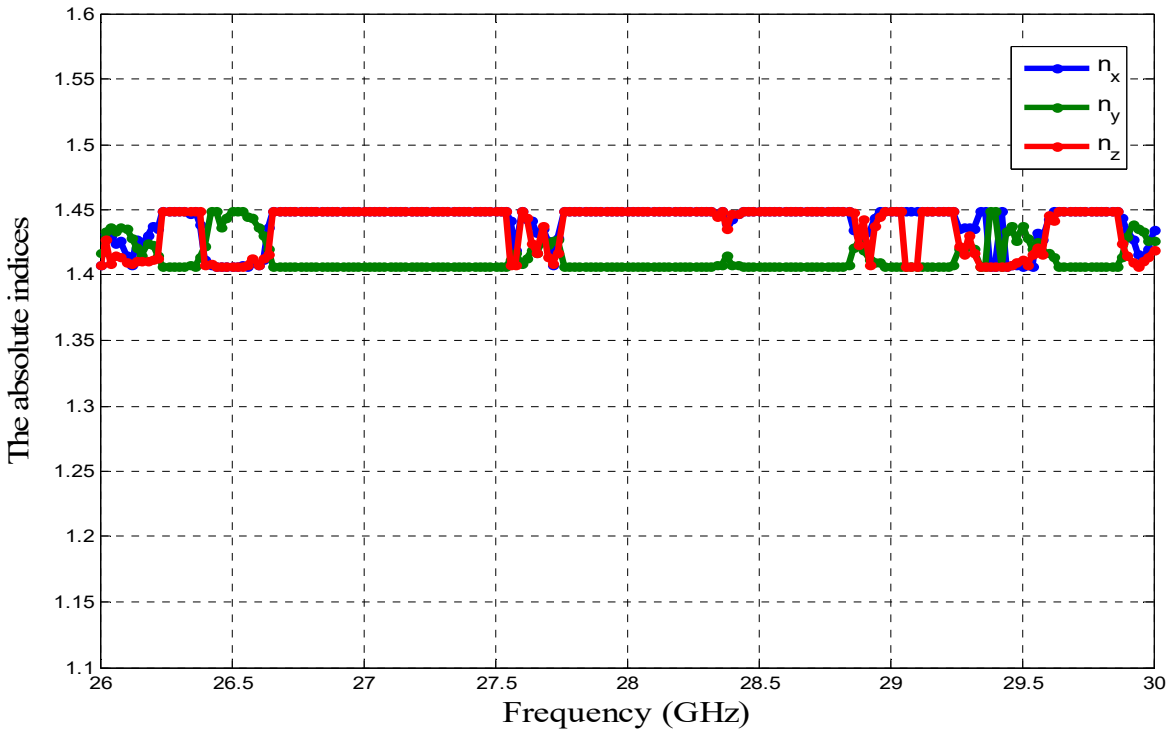


Fig. 6. Variation of absolute indices as a function of frequency

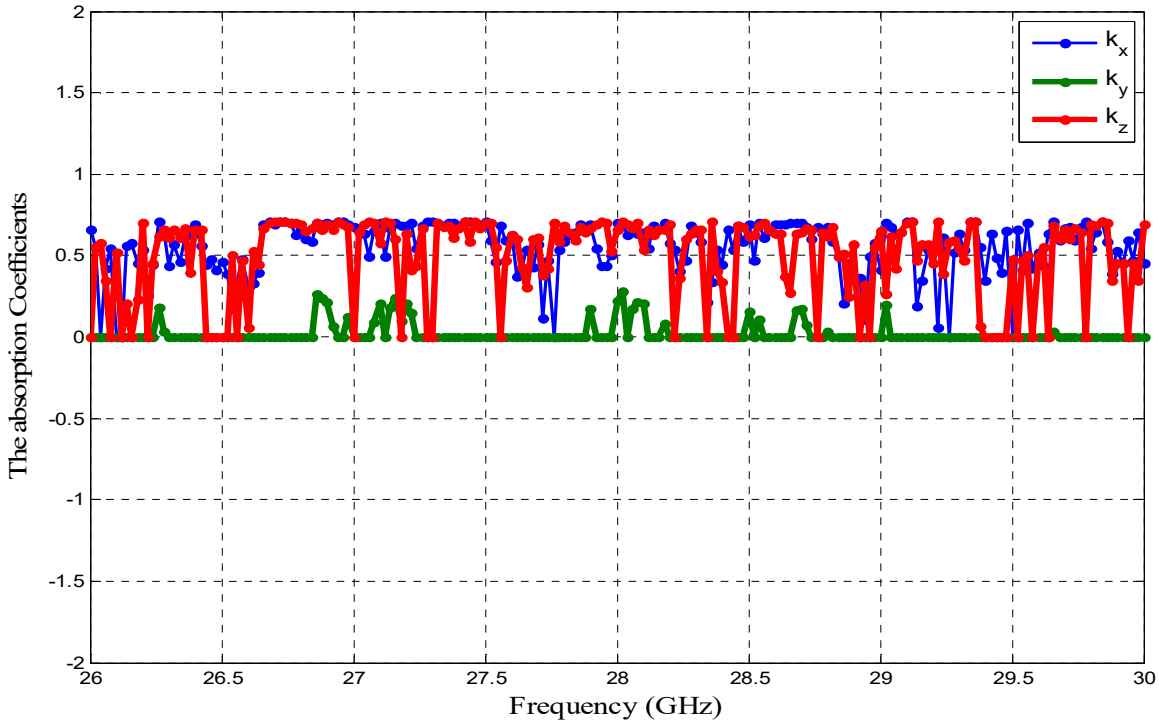


Fig. 7. Variation of absorption coefficients as a function of frequency

The curve of Fig. 6 shows the evolution of the absolute indices as a function of the frequency and that of Fig. 7 also shows the evolution of the absorption coefficients as a function of frequency. For the case of the absolute index curve, we note that the values of the indices are between 1.41 and 1.45. These values are around the values of the absolute index of PTFE which is of the order of 1.449. The absorption coefficients are close to 0 because the PTFE is known as an isotropic material not very absorbent. Therefore, we can say that the method of characterization we proposed makes it possible allows to determine the absolute index of PTFE along three directions.

5 CONCLUSION

In this paper, we presented the principles of a three-detector free-space polarimetric measurement method for determining the refractive indices of an isotropic material using the ellipsometric principle model of an anisotropic medium. We studied its feasibility with PTFE samples whose the results were compared to those which are expected. To do so, we introduced the One Path Two Ports calibration method, a method among two-port calibration methods used in the microwave domain to determine measurement errors. The applications of this characterization method can be extended to a wide range for non-transparent materials such as epoxy, extruded plastics, etc.

REFERENCES

[1] S. Biju Kumar, U. Raveendranath, P. Mohanan, K.T. Mathew, M. Hajian, and L.P. Ligthart, *A simple free-space methode for mearsuring the complex permittivity of single and compound dielectric materials*, Microwave Opt Technol Lett 26, 117–119, 2000.

[2] F. Sagnard, F. Bentabet, and C. Vignat. *In situ measurements of the complex permittivity of materials using reflection ellipsometry in the microwave band* : Experiments (part II). IEEE Trans Instrum Meas 54, 1274–1282, 2005.

[3] A.M. Nicolson and G.F. Ross, *Measurement of the intrinsic properties of materials by time-domain techniques*, IEEE Trans Instrum Meas 19, 377–382, 1970.

[4] F. GAMBOU, B. Bayard and G. Noyel, *Characterization of materiel anisotropy using microwave ellipsometry*, Micorwave and Optical Technology Letters 53, pp 1996-1998, 2011.

[5] A. Moungache, B. Bayard, Abakar Mahamat Tahir, S. Robert, D. Jamon and F. Gambou, *Measurement of refraction index of thick and non-transparent isotropic material using transmission microwave ellipsometry*, Micorwave and Optical Technology Letters 57, Issu 4, pp 1006–1013, 2015.

[6] P. Yeh. *Optics of anisotropic layered media: a new 4x4 matrix algebra*, Surf. Sci, 96, 41-53, 1980.

[7] Mathias Schubert. *Infrared Ellipsometry on Semiconductor Layer Structures*, volume 209 of Springer tracts in Modern Physics. Springer, 2004.

[8] Hiroyuki Fujiwara. *Spectroscopic Ellipsometry.* National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Ibaraki, Japan, 2007.

[9] P. Yeh, *Electromagnetic propagation in birefringent layered media* : J. Optic. Soc. Am, 69, 742-756, 1979.

[10] R.C Jones, *A new calculus for the treatment of optical systems*, *I. Description and discussion of the calculus*, J.opt. SOC, AM. 31, 488-493, 1941.

[11] R. M. A. A. N. M. Bashara, *Ellipsometry and polarized light, Amsterdam*: North Holland: Elsevier Science B. V, 1996.

[12] M. Schubert, *Polarization-dependent optical parameters of arbitrarily anisotropic homogeneous layered systems*, Phys. Rev. B, 53, 4265–4274, 1996.

[13] M. Schubert, *Theory and application of generalized ellipsometry, in Handbook of Ellipsometry*, edited by H. G. Tompkins and E. A. Irene, Chapter 9, 637–717, William Andrew, New York 2005.

[14] B. Hall, *VNA error models: Comments on EURAMET/cg-2/v.01*, ANAMET Report 051, Measurement Standards Laboratory of New Zealand Lower Hutt, New Zealand, 2010.

[15] S. K. a. K. K. Masanobu Hirose, «*Masanobu Hirose, SatAntenna Measurements by One-Path Two-Port Calibration Using Radio-on-Fiber ExtendedPort Without Power Supply*» IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, vol 56, N° 2,pp. 397-400, 2007.

[16] D. Rytting, "*Network analyzer error models and calibration methods*", Palo Alto, CA, Hewlett Packard Inc., 1998.

[17] A. Henze, "*Incomplete 2-Port VNA calibration methods*", INTI, (unpublished) 2014.

[18] K. P. M. H. J. R. R. S. Rajesh, "*The effect of filler on the temperature coefficient of the relative permittivity of PTFE/ceramic composites*", Physica B : Condensed Matter, vol. 406, no. 22, pp. 4312-4316, 2011.

[19] H.-C. L. a. Y.-D. L. Y.-C. Chen, "*The Effects of Filler Content and Size on the Properties of PTFE/SiO2, Composites*," Journal of Polymer Research, vol. 10, issu 4, pp. 247-258, 2003.

[20] M. J. P. M. a. M. S. G. Subodh, *PTFE/Sr2Ce2Ti5O16 polymer ceramic composites for electronic packaging applications*", Journal of the European Ceramic Society, vol. 27, no. 8, pp. 3039-3044, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1108-1133
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude comparée de 3 attiéké traditionnels et d'un attiéké commercial (Garba): Enquêtes sur les méthodes de production et caractéristiques physicochimiques du ferment de manioc et des différents produits finis

[Comparative study of 3 traditional attiéké and a commercial attiéké (Garba): Survey on production methods and physicochemical characteristics of cassava inoculum and different finished products]

Justine Bomo Assanvo[1], Georges N'zi Agbo[1], Pierre Coulin[2], Christoph Heuberger[2], and Zakaria Farah[2]

[1]UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Institute of Food Science and Nutrition, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Laboratory of Food Chemistry and Technology, ETH Zentrum, 8092, Zurich, Switzerland

Copyright © 2019 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: Attiéké is a food of Ivorian (Ivory Coast) origin that is exported today in several countries. To evaluate production processes, determinant factors and quality attributes of attieké, a production survey and a physicochemical study were carried out. The survey covered 170 producers in the departments of Abidjan, Dabou and Jacqueville, major production areas of attiéké. Three (3) types of traditional Attiéké, Adjoukrou, Ebrié, Alladjan and the commercial type garba were subjected to investigation and physicochemical analyses. It appears that the variety (98% of producers) has no effect on the preparation of traditional cassava inoculum. On the other hand, it has an impact on the quality of attiéké which is also influenced by that of the ferment during the incubation period. This step is really necessary. The difference between the attiéké studied, could be related to the microflora of the inoculum whose identification would provide adequate explanations on the product. Respect for the various stages of the product manufacturing process is also essential. Physicochemical characterization confirmed the observed differences between attiéké types. The average cyanide level is higher in commercial attiéké (12 mg/100g MS) than in other attiéké (4. 41 mg/100g MS). Organoleptic characteristics are criteria of differentiation between attiéké. Well-made grains without fibers add to the traditional product its quality of preference. The results obtained highlighted the risks faced by regular consumers of garba.

KEYWORDS: Cassava, variety, inoculum, production, attiéké, physicochemical characteristics, Ivory Coast.

RÉSUMÉ: L'attiéké est un aliment d'origine ivoirienne qui s'exporte aujourd'hui dans plusieurs pays. Pour évaluer les procédés de production, les facteurs déterminants et les attributs de qualité de l'attiéké, une enquête sur la production et une étude physicochimique ont été réalisées. L'enquête a porté sur 170 producteurs répartis dans les départements d'Abidjan, de Dabou et de Jacqueville, grandes zones de production d'attiéké. Trois (3) types d'attiéké traditionnel, Adjoukrou, Ebrié, Alladjan et le type commercial garba ont été soumis à l'enquête et aux analyses physicochimiques. Il ressort que la variété (98% de productrices) n'a aucun effet sur la préparation du ferment de manioc traditionnel. Par contre, elle a un impact sur la qualité de l'attiéké qui aussi est influencée par celle du ferment lors de la période d'incubation. Cette étape est réellement nécessaire. La différence entre les attiéké étudiés, pourrait être liée à la microflore du ferment dont l'identification fournirait des explications adéquates sur le produit. Le respect des différentes étapes du processus de fabrication du produit, est également de première nécessité. La caractérisation physicochimique a confirmé les différences observées entre les types d'attiéké. Le taux moyen de cyanure est plus élevé dans l'attiéké commercial (12 mg/100g MS) que dans les autres attiéké (4, 41 mg/100g MS). Les caractéristiques organoleptiques sont des critères de différenciation entre les attiéké. Les grains bien faits sans fibres

Corresponding Author: Justine Bomo Assanvo

ajoutent au produit traditionnel sa qualité de préférence. Les résultats obtenus ont mis en exergue les risques encourus par les consommateurs réguliers de garba.

MOTS-CLEFS: Manioc, variété, ferment, production, attiéké, caractéristiques physicochimiques, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le manioc, *Manihot esculanta* Crantz est l'une des plus importantes cultures vivrières en Côte d'Ivoire. Avec une production estimée à 4,54 millions de tonnes en 2016 [1], et une consommation de 100-110 kg/an par habitant vivant en zones urbaines, le manioc joue un rôle crucial aussi bien dans la sécurité alimentaire des populations rurales et urbaines que pour la création d'emplois et la génération des revenus pour les acteurs impliqués. Selon les données de la FAO, entre 45 et 50% de la production ivoirienne de manioc est destinée au marché urbain. Consommé principalement sous la forme de placali (pâte fermentée) et attiéké (semoule cuites à la vapeur), le manioc occupe une place prépondérante dans les habitudes culinaires des ivoiriens [2].

Plusieurs variétés existent et peuvent être classées en trois grands groupes suivant la teneur des racines en glucosides cyanogénétiques. Ces substances se retrouvent à forte dose dans les variétés amères justifiant ainsi leur transformation avant la consommation [3]. Ainsi, des variétés de manioc toxiques sont utilisées dans la fabrication de nombreux produits fermentés, du fait d'une meilleure aptitude technologique à cette transformation. Parmi ces aliments traditionnels, l'attiéké reste l'aliment le plus consommé [4].

A l'origine, l'attiéké était préparé et consommé exclusivement dans un cadre ethnoculturel restreint dans le complexe lagunaire ivoirien où vivent les ethnies Adjoukrou, Ebrié, Alladjan, Avikam, Aizi et Néo. Parmi ceux-ci, les ethnies Adjoukrou, Ebrié et Alladan demeurent les plus gros producteurs et consommateurs. Il faut noter cependant que le produit a débordé son milieu d'origine et se consomme aujourd'hui partout dans le pays et même hors des frontières du fait de sa présentation "prêt-à-manger"[4]. L'attiéké, semoule ou couscous de manioc cuit à la vapeur, est un aliment produit à partir de la pâte de manioc fermentée. Constitué essentiellement de manioc, il se présente sous la forme de granulés.

Les méthodes de fabrication de l'attiéké sont donc multiples et variées d'une ethnie à une autre. Elles utilisent le principe de la fermentation dont le processus reste traditionnel et non standardisé. De plus, l'attiéké est passée à une production marchande, résultat d'une demande sans cesse croissante au niveau des grands centres urbains [5]. La non maîtrise des facteurs de production (ferments, températures et temps) par les nouvelles productrices d'attiéké justifient la plupart des contraintes liées à la production dont les défauts de fabrication et le faible rendement [3].

Les études précédentes ont privilégié l'analyse de la filière, la production, la conservation, les aspects biochimiques et microbiologiques ([6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]) au détriment des procédés de fermentation et des contraintes liés à la production du produit fini.

La présente étude a pour objectif de décrire, à travers une enquête sur la production, les différentes méthodes utilisées dans la fabrication des différents types d'attiéké traditionnel et de faire ressortir les différences avec l'attiéké garba (attiéké vitesse ou commercial), d'évaluer les quantités de ferment de manioc et des différentes étapes de la production et de caractériser ces attiéké aux plans physicochimiques. Par ailleurs, l'apparition de l'attiéké garba (attiéké vitesse) pourrait être une source de danger pour les consommateurs réguliers si on y prend garde.

2 MATERIELS AND METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE

L'étude s'est déroulée de juin à décembre 1999 dans les départements d'Abidjan, Dabou et de Jacqueville (Région des Lagunes), qui représentent des zones de production régulière d'attiéké (Figure 1).

Une pré-enquête a été réalisée à Adiopodoumé en Avril 1999 pour recueillir des informations qui ont servi à établir les fiches d'enquêtes. Le village d'Adiopodoumé est situé à 17 kilomètres d'Adjamé, à la périphérie de la commune de Yopougon qui abrite une grande population d'Ebrié. Une enquête complémentaire a été faite en 2006 puis en 2017 pour prendre en compte l'évolution des données sur le terrain.

L'enquête a porté sur les facteurs déterminant la qualité du produit fini. Il s'agit de la matière première, du ferment et de son importance dans le processus de fabrication, des différentes étapes de fabrication d'attiéké, des différents produits obtenus et de leurs caractéristiques organoleptiques. Les prix de vente de ces produits ont été également recherchés. La méthode d'échantillonnage adoptée est l'échantillonnage en grappes à trois degrés d'unités avec, au niveau primaire les

départements enquêtés, au niveau secondaire les villages (ou sites de production) et au niveau tertiaire les productrices enquêtées (Tableau 1).

Les unités primaires (les trois départements) ont été choisis de manière raisonnée parce qu'ils représentent chacun en général une zone de production d'un type d'attiéké: Abidjan (type Ebrié en majorité et type Garba), Dabou (type Adjoukrou exclusivement) et Jacqueville (type Alladjan exclusivement).

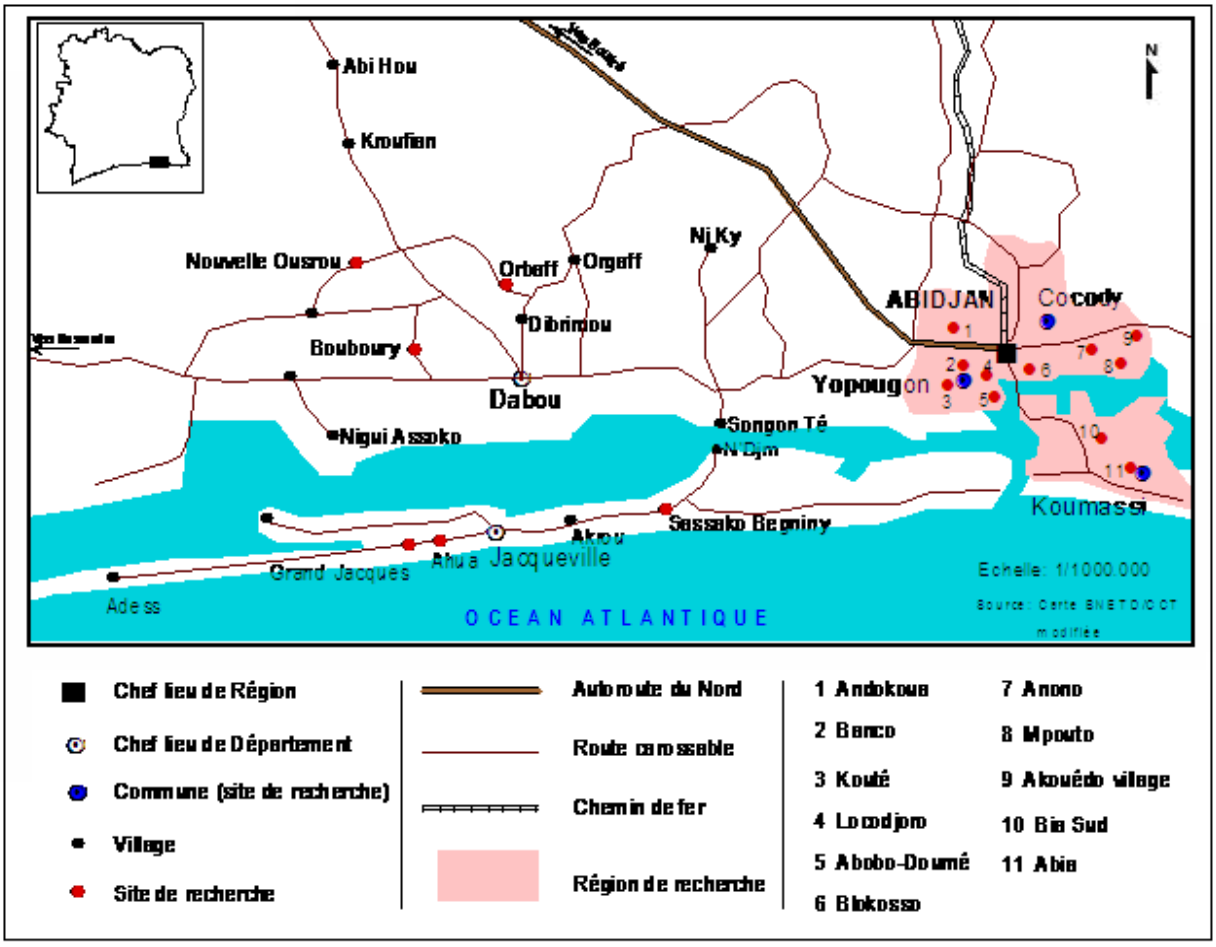


Fig. 1. Carte du site de travail présentant les zones de production d'attiéké concernées par l'enquête

Echelle: 1/1000.000; source: Carte BNETD/CCT modifiée

Tableau 1. Taille de l'échantillon ayant servi pour l'enquête sur la production d'attiéké

Département de la région des lagunes	Nombre de villages	Nombre de productrices enquêtées	Type d'attiéké étudié
Abidjan	11	110	Attiéké Ebrié Attiéké Garba
Dabou	3	30	Attiéké Adjoukrou
Jacqueville	3	30	Attiéké Alladjan
Total	17	170	

Dans chaque département, trois villages de production d'attiéké ont été choisis de manière aléatoire. Cependant, dans la zone d'Abidjan 11 villages ont été sélectionnés. Dans chacun des villages choisis, 10 productrices d'attiéké choisies de manière aléatoire ont été interrogées. Au total, 17 sites de production ont été visités et 170 productrices d'attiéké traditionnel ont été interviewées. Les entretiens ont été réalisés sur la base d'un questionnaire standard testé au préalable.

2.2 ECHANTILLONNAGE DES ÉCHANTILLONS D'ATTIÉKÉ RÉPERTORIÉS

Trois productrices sur les dix enquêtées dans chaque village, sont choisies de manière aléatoire pour le prélèvement d'un échantillon d'attiéké de 100 g. Au total, 54 échantillons d'attiéké comprenant 9 attiéké type Ebrié habituel, 9 attiéké type Ebrié agbodjama, 9 attiéké type Ebrié n'tonié, 9 attiéké type Adjoukrou, 9 attiéké type Alladjan et 9 attiéké garba ont été prélevés. Ces échantillons d'attiéké ont été transportés directement au laboratoire, séchés et utilisés automatiquement pour la détermination de la granulométrie des particules. Cinquante-quatre (54) autres échantillons d'attiéké ont été prélevés de façon parallèle pour les analyses physicochimiques. Chez chaque productrice, un échantillon du ferment utilisé a été prélevé. Cela fait au total 9 ferments par ethnie pour chaque attiéké et donc 36 échantillons au total. Ces échantillons ont été transportés directement au laboratoire et stockés dans une chambre froide (– 18 °C) pour de futures analyses physicochimiques.

2.3 ECHANTILLONNAGE POUR LE CALCUL DES QUANTITÉS À RESPECTER DANS LA PRODUCTION DE CHAQUE ATTIÉKÉ

A chaque prise d'échantillon et à chaque étape du procédé de fabrication d'attiéké, des pesées ont été réalisées et ont servi pour le calcul des quantités nécessaires à chaque étape du procédé du rendement de production d'attiéké. Un total de 9 valeurs de rendement de transformation des racines de manioc (variété IAC) en attiéké par étape du procédé selon le type d'attiéké, ont été obtenues.

2.4 ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES

2.4.1 DÉTERMINATION DE LA GRANULOMÉTRIE

Cinquante (50) g d'échantillon de chaque type d'attiéké (Ebrié, Alladjan, Adjoukrou et Garba) collectionné sont lyophilisés (lyophilisateur Christ Alpha 1-2, Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Allemagne-Osterode am Harz) puis réduits (broyeur MFC, IKA® LABORTECH, Janke & Kunkel GmbH and CO. KG., Allemagne-Staufen) en farine pour le reste des analyses physicochimiques (teneur en eau inférieure à 14%) et passés à travers un tamiseur à courant d'air (Alpine AG 910) pendant une rotation de 10 minutes. L'échantillon est déposé au sommet d'un empilement de 9 tamis dont la dimension des mailles va décroissant et est comprise entre 1 et 3 mm de diamètre. Les fractions retenues sur chacun des tamis sont ensuite pesées pour déterminer la distribution granulométrique. La variable caractéristique de séparation est le diamètre équivalent à celui de la sphère la plus grosse passant géométriquement à travers les mailles du tamis considéré [13].

2.4.2 DÉTERMINATION DE LA MATIÈRE SÈCHE DES FERMENTS DE MANIOC ET DES 4 ATTIÉKÉ ÉTUDIÉES

Dix (10) g d'échantillon ont été pesés (balance AG 24 Delta Range) et séchés à l'étuve (Memmert) à 103 $\pm$ 2 °C pendant 24 heures. La matière sèche a été déterminée à poids constant [14]. La détermination de la matière sèche de chaque échantillon a été répétée trois fois.

2.4.3 DÉTERMINATION DU PH ET DE L'ACIDITÉ TITRABLE TOTALE

Dix (10) g de chaque attiéké et ferment ont été mis en suspension dans 90 ml d'eau distillée contenus dans un erlenmeyer et homogénéisés. Le pH de la solution a été mesuré à l'aide d'un pH mètre Calimatic 761, Knick. Puis 100 ml d'eau distillée ont été ajoutés au mélange et le tout a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique. Après addition de 8 gouttes de phénolphtaléine 2%, la solution a été titrée avec de la soude 0,1 M. Lorsque la solution d'échantillon a viré au rose vif persistant, le volume de NaOH correspondant a été mesuré. Les dosages ont été répétés trois fois. L'acidité totale a été exprimée en g par kg d'échantillon et la teneur, en grammes pour 100 g d'échantillon [15].

2.4.4 DÉTERMINATION ENZYMATIQUE DU TAUX D'ACIDE LACTIQUE ET DU TAUX D'ACIDE ACÉTIQUE

La détermination de l'acide lactique et de l'acide acétique a été effectuée par la méthode enzymatique de Böhringer Mannheim (kit acide acétique n° 0148261, kit acide D- / L-lactique n° 1112821, R-Biopharm GmbH, D-64293 Darmstadt). Les échantillons ont été dilués de moitié avec de l'eau distillée pour les échantillons ayant un pH> 5,0 et au 20ème pour ceux à pH < 5,0. Les valeurs calculées à partir des absorptions photométriques ont été multipliées par le facteur de dilution et exprimées en quantité d'acide correspondante en pourcentage (%).

2.4.5 DOSAGE DE L'AMIDON DES ATTIÉKÉ DE MANIOC

Cent (100) mg de farine d'attiéké ont été pesés exactement dans un tube à centrifuger et mélangés à 25 ml d'éthanol absolu dilué à 40% dans de l'eau distillée. La suspension a été mélangée à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 20 minutes à la

température ambiante et centrifugée (centrifugeuse Mistral 4L, Measuring et scientifique) pendant 5 minutes à 2000 g. Le surnageant a été récupéré et le résidu (ou culot) a été lavé deux fois avec 10 ml d'éthanol 40 %. Le surnageant a été également récupéré à chaque fois après une agitation pendant 20 minutes suivie d'une centrifugation de 5 minutes à 2000 g. Le culot a été enfin mélangé à 25 ml d'eau distillée et porté à ébullition pendant 20 minutes dans un bain-marie. Ensuite ce culot a été hydrolysé par ajout de 1 ml de termamyl ® (Novo Nordisk Ferment, Danemark-Bagsvaerd). Après 15 minutes, les tubes ont été retirés de l'eau chaude et laissés à la température ambiante (25°C) pendant encore 15 minutes. 5 ml de solution tampon (pH 4,6) ont été ajoutés et le pH a été ajusté à 4,6 au moyen d'une solution de HCl 0,5 M si nécessaire. Les tubes ont été encore laissés à la température ambiante (25°C) pendant 30 minutes et le mélange a été ajusté dans une fiole de 250 ml avec de l'eau distillée. La solution a été agitée et filtrée sur papier filtre (Ø = 240 nm). Un échantillon témoin d'amidon standard a été réalisé de la même manière. L'amidon contenu dans 0,1 ml de solution filtrée, a été dosé par voie enzymatique après son hydrolyse en glucose par l'amyloglucosidase (Kit enzymatique de BOEHRINGER MANNHEIM/ R-Biopharm GmbH, DARMSTADT, Germany, 1997).

L'absorbance du NADPH résultant a été lue à 340 nm au spectrophotomètre (WTW photolab S12). La quantité de glucose libéré est stoechiométriquement égale à la quantité du NADPH formé. Les tests ont été répétés trois fois.

2.4.6 DOSAGE DES SUCRES TOTAUX ET SUCRES RÉDUCTEURS

Un (1) g de chaque échantillon de farine d'attiéké a été traité à l'éthanol (80 % v / v) et déféqué en présence de solutions d'acétate de plomb (10 % v/v) et d'acide oxalique (10 % v/v) selon la méthode d'AGBO *et al.* [16]. 1 ml de chaque extrait obtenu a été ensuite traité soit au phénol sulfurique (5 % v/v) pour les sucres totaux [17], soit au DNS (Acide 3,5 Dinitro-Salicylique) pour la détermination des sucres réducteurs [18].

La lecture de la densité optique (DO) des différentes solutions est réalisée à λ = 490 nm pour les sucres totaux et à λ = 540 nm pour les sucres réducteurs à l'aide d'un spectrophotomètre (WTW photolab S12). Un droit étalon établi à l'aide une gamme de dilutions d'une solution mère de glucose 1 mg / ml, a permis de déduire les concentrations de sucres totaux. Pour les concentrations de sucres réducteurs, la courbe étalon a été établie à partir d'une solution mère de glucose + fructose 1 g/ml. Les concentrations déduites ont permis de calculer les taux de sucres totaux et réducteurs exprimés en g/100 g de matière sèche. Chaque échantillon a été dosé en triplicata.

2.4.7 DOSAGE DE L'ACIDE CYANHYDRIQUE

Ce dosage a été réalisé sur 100 mg d'échantillons de farines d'attiéké selon la méthode du picrate [19]. Pour effectuer le dosage de l'acide cyanhydrique, un kit contenant tous les réactifs a été confectionné à cet effet: kit B2 (semoule de manioc). L'immersion du papier picrate dans 5 ml d'eau distillée pendant 30 minutes, nous permet de mesurer l'absorbance (A) à 510 nm au spectrophotomètre (WTW photolab S12).

Un contrôle et un témoin sont prévus et il faut s'assurer que le premier correspond à 0 et le deuxième correspond à la valeur attendue (50 ppm). Le contenu du total du cyanure (ppm) a été calculé par une équation simple: Cyanure (ppm) = 396 A. Un triplicata du dosage est réalisé pour chaque échantillon.

2.4.8 DÉTERMINATION DES PROTÉINES PAR LA MÉTHODE DE KJELDAHL

Le dosage des protéines a été réalisé en utilisant la méthode de Kjedahl associé au Büchi. La détermination des protéines a été faite sur 1 g à 0,01 mg près d'échantillons d'attiéké lyophilisés finement broyés. La minéralisation a été réalisée à l'aide d'un digesteur Büchi 435 (Büchi Laboratoriums, Technik AG, Suisse-Flawil). La distillation et le dosage de l'azote ont été effectués à l'aide d'une unité de distillation Büchi 339 (Büchi Laboratoriums, Technik AG, Suisse-Flawil). La teneur en protéines a été obtenue directement au niveau de cette unité, utilisant un facteur de conversion de 6,38. Une triple détermination a été effectuée sur chaque échantillon [20].

2.4.9 DÉTERMINATION DU POURCENTAGE DES SUBSTANCES MINÉRALES (CENDRES)

L'échantillon constitué de 3 g de farine d'attiéké, a été brûlé dans un four à moufle à une température contrôlée de 450ºC et incinéré jusqu'à minéralisation complète. Le résidu a été déterminé par la méthode gravimétrique [21]**.** La détermination pour chaque échantillon a été faite en triple.

2.4.10 DÉTERMINATION DE LA MATIÈRE GRASSE

Le dosage de la matière grasse a été réalisé en utilisant la méthode Soxhlet [22]. La matière grasse contenue dans 8 g de farine d'attiéké a été extraite au Soxhlet à chaud à l'aide de 180 ml de solvant approprié (benzine de pétrole, ether de pétrole) à 100 °C pendant 4 heures. Le solvant a été éliminé par évaporation et la quantité de matière grasse déterminée par pesage. La quantité de matière grasse totale déterminée par pesage a été exprimée en g/100g de l'échantillon, avec 1 décimale. Les analyses ont été faites en triple.

2.4.11 DOSAGE DES FIBRES ALIMENTAIRES TOTALES (FAT)

Le dosage des fibres alimentaires totales a été réalisé en utilisant la méthode enzymatique-gravimétrique modifiée [20]. La masse moyenne obtenue des deux résidus après déduction des valeurs relatives aux protéines, aux cendres et aux essais à blanc, a représenté la teneur globale des fibres alimentaires dans le produit exprimée en grammes pour 100 g d'échantillon.

2.4.12 CALCUL DES GLUCIDES DIGESTIBLES

Le pourcentage de glucides digestibles de l'échantillon d'attiéké ou de manioc lyophilisé, a été obtenu par différence déduite de la somme des teneurs en protéines (%P), matières grasses (%MG), cendres (%C) et des fibres alimentaires (F) de la matière sèche (MS).

$$\% \text{ Glucides digestibles} = MS - \Sigma (\% MG + \% P + \% C + F)$$

2.4.13 CALCUL DU RENDEMENT DE PRODUCTION

A chaque étape du procédé de fabrication de chaque type d'attiéké, les quantités des différentes étapes (du manioc a l'attiéké) pour la préparation de l'attiéké ont été pesées. Le rendement final de la transformation (exprimé en pourcentage) des racines de manioc en attiéké a été déterminé pour chaque production d'attiéké.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats d'enquêtes sur la production ont été consignés dans une base de données. Un calcul de fréquences a été réalisé. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS version 8.0 à partir des données obtenues pour les paramètres biochimiques mesurés. Pour les variables mesurées, un calcul des moyennes, erreurs standards, proportions et d'intervalles de confiance a été réalisé. Un modèle d'analyse de variance à un facteur a été utilisé. Le facteur est le type d'attiéké.

Les variables dépendantes (réponses) considérées sont les différents paramètres biochimiques (pH, acidité titrable, acide lactique, acide acétique, matière sèche, humidité, amidon, sucres totaux, sucres réducteurs, fibres alimentaires, protéines, matières grasses, cyanure). A l'aide des tests de comparaison multiple de Student-Newman-Keul avec le risque relatif apprécié au seuil α= 0,05, un classement de moyennes obtenues a été réalisé.

Le seuil significatif est de α = 0,05.

La répartition granulométrie des grains d'attiéké séchés de la variété de manioc locale IAC est obtenue. Les résultats ont été interprétés par application de la forme logarithmique de l'équation de Rosin, Rammler et Sperling. Les résultats donnent les informations suivantes:

- L'indice de grosseur des particules (d') qui est la valeur correspondant à l'ouverture des trous d'un tamis qui retiendrait 36,8% du produit sans tenir compte de son uniformité.
- L'indice d'uniformité (n) est valeur donnant une indication quant à l'uniformité de la répartition des grosseurs des particules. Plus "(n)" est élevé, plus les particules sont uniformément réparties
- La répartition de la granulométrie des grains d'attiéké séché

3 RESULTATS

3.1 LA PRODUCTION D'ATTIÉKÉ

3.1.1 MATIÈRES PREMIÈRES

La principale matière première d'origine végétale de l'attiéké, est la racine de manioc. Plusieurs variétés de manioc douces comme amères sont utilisées et cela dépend des régions de production (Tableau 2). Auparavant, certains groupes ethniques

n'utilisaient que les variétés amères et d'autres faisaient le mélange (variétés douces et amères); mais aujourd'hui, de plus en plus le mélange est utilisé à cause de l'insuffisance de la variété prisée. Cependant, la plupart des productrices d'attiéké (environ 98%) estiment que les variétés amères donnent un attiéké de meilleure qualité. Elle est donc la plus utilisée partout dans toutes les zones productrices visitées. Dans les différentes zones d'études, la variété est désignée par un nom vernaculaire qui peut changer d'une zone à l'autre.

Généralement les racines de manioc utilisées sont fraîches, c'est-à-dire que l'âge de récolte varie entre 0 et 1 semaine au plus. Cela dépend de la nature de la variété de manioc.

3.1.2 TECHNIQUES DE PRODUCTION DE L'ATTIÉKÉ

3.1.2.1 PRINCIPE DE FABRICATION ET CARACTÉRISTIQUES RECHERCHÉS

Selon les productrices enquêtées (98%), la variété de manioc a un impact sur la qualité de l'attiéké, toutefois elles restent convaincues que d'autres éléments sont aussi déterminants pour l'obtention de la meilleure qualité d'attiéké. Si le respect des différentes étapes du processus de fabrication est inévitable, la fermentation de la pâte de manioc, la granulation, le séchage des grains et la cuisson à la vapeur, restent des étapes déterminantes dans l'obtention d'un bon attiéké. En effet l'attiéké, pour ces différentes productrices, se caractérise par ses grains bien ronds, bien faits (bien formés ou ressortis), sa couleur éclatante (jaune, crème, jaune-crème, blanc-cassé), son goût légèrement acidulé ou neutre, son odeur et son arôme agréables légèrement fermentés. L'absence de fibres et les caractères plus ou moins collant, élastique, ni pâteux et ni sec de l'attiéké déterminent le choix du consommateur.

3.1.2.2 PRÉPARATION DU FERMENT DE MANIOC

Dans la zone d'études, il existe deux types de ferment (figure 2):

- Le ferment à base de racine de manioc épluchée et bouillie qui est de plus en plus utilisé,
- Le ferment à base de racine de manioc braisée qui est en voie de disparition dans toutes les régions visitées parce qu'il est contraignant selon les productrices (82,35%).



Fig. 2. Photographies de deux différents types de ferments à base de racine de manioc obtenus après de deux à trois jours de fermentation
A) Ferment à base de racine de manioc épluchée et bouillie (MEB) Cl. Assanvo J.B
B) Ferment à base de racine de manioc non épluchée et braisée (MNEB) Cl. Coulin P.

Le ferment traditionnel de manioc communément appelé "Lidjrou" en langue Adjoukrou, "Magnan" chez les Ebrié et "Bédé Fon" chez les Alladjan est obtenu à partir d'un processus spontané de fermentation. Le ferment est fabriqué à partir d'une ou plusieurs variétés (douces ou amères) de manioc. Environ 2 à 3 kg de racines fraîches de manioc sont épluchées, lavées et cuites dans l'eau bouillante (100 °C ± 2) pendant 5 à 10 minutes. Elles sont ensuite refroidies à la température ambiante (28 à 35 °C) puis emballées dans un sac ou un ensemble de filets ayant déjà servi aux fermentations antérieures. L'ensemble est mis dans un panier ou un carton puis conservé à la température ambiante de la cuisine (28 à 35 °C) pendant deux à trois jours. Pour la préparation du ferment braisé, les racines de manioc sont cuites à la braise et sans épluchage.

Concernant l'attiéké "Garba" (attiéké "bas de gamme" ou deuxième qualité), la durée de fermentation est très variable (moins de 2 jours à plus de 3 jours). Le ferment de manioc représente toujours 5% à 10% des racines fraîches de manioc utilisées pour la préparation de l'attiéké et du "Garba". Cette quantité est fonction de la variété, de la quantité de manioc frais utilisée pour la préparation de l'attiéké et du type d'attiéké. Pour l'attiéké "garba", il peut arriver que la quantité de ferment représente moins de 5% si la productrice ne possède pas assez de ferment. En effet, selon les productrices, plus la racine fraîche de manioc est dure (contient peu d'eau), plus la quantité de ferment est grande. La quantité du ferment est aussi fonction du caractère collant des grains (caractère cohésif) recherché par la productrice. En effet, moins il y a de ferment utilisé plus l'attiéké est collant. Ce qui explique le fait que les productrices adjoukrou et alladjan mettent moins de ferment que les productrices ébrié.

Selon les productrices enquêtées, la variété de manioc importe peu dans l'obtention d'un bon ferment. Il doit seulement être bien fermenté, bien mou au toucher, jaunâtre (recouvert de champignons) et dégager une odeur agréable lorsqu'il est prêt. Lorsque le ferment est prêt à l'utilisation (deuxième ou troisième jour de sa fabrication), il est lavé, débarrassé de toutes les impuretés visibles (champignons, tâches noires ou verdâtres) et redevient blanc ou de la couleur du phelloderme. Le xylème (la fibre du milieu) est ensuite éliminé du ferment de manioc qui est concassé et mélangé à l'huile de palme décolorée par le chauffage.

3.1.2.3 L'ÉPLUCHAGE ET LAVAGE

Les racines fraîches de manioc sont épluchées, concassées et lavées plusieurs fois. Au cours de cette étape, les productrices éliminent toutes les impuretés visibles sur la racine épluchée pour préserver la couleur du produit fini. Dans le cas de l'attiéké "Garba", tous ces soins sont inutiles et le lavage des cossettes peut se faire quelquefois une seule fois

3.1.2.4 L'HUILE DE PALME ROUGE

La quantité d'huile n'excède généralement pas deux cuillerées à soupe chez les Adjoukrou et les Alladjan (0,1%) et au moins deux cuillerées à soupe chez les Ebrié (environ 0,1 à 0,15% de la quantité de racines fraîches de manioc concassés et lavés). Dans le cas de l'attiéké "Garba", une quantité encore plus grande (environ 1 à 2%) est ajoutée. Traditionnellement, les différentes productrices utilisent l'huile de palme décolorée par chauffage. Cette huile a été substituée par l'huile de palme raffinée, sans cholestérol et riche en vitamines A et E (huile industrielle) par un petit nombre de productrices "modernes". Selon la majorité des productrices enquêtées (98%), malgré la petite quantité d'huile ajoutée, celle-ci a un impact sur la couleur du produit et permet aux grains de ne pas se coller. Il faut préciser que l'huile est mélangée au ferment de manioc juste avant le broyage.

3.1.2.5 LE BROYAGE DU MÉLANGE RACINES FRAÎCHES DE MANIOC, FERMENT ET HUILE DE PALME

Le mélange huile de palme, ferment est ajouté aux racines fraîches de manioc épluchées, concassées et lavées, au moment du broyage. Toutefois, l'huile peut être ajoutée à la pâte obtenue. Plus les mailles de la broyeuse sont petites (diamètre de 1,5 à 2 mm), plus elles donnent une pâte fine qui sera plus apte à donner après fermentation, une farine qui fait facilement les grains. Dans le cas de l'attiéké "Garba", les mailles du tamis de la broyeuse sont encore plus grandes (diamètre de 3 à 4 mm), conduisant à une texture plus grossière du produit fini.

3.1.2.6 LE MOUILLAGE À L'EAU DE LA PÂTE

Une certaine quantité d'eau (environ 10 à 20% de la quantité de manioc) est ajoutée à la pâte pour bien l'homogénéiser. Cette quantité d'eau dépend de la variété de manioc et du type d'attiéké (ou l'ethnie productrice). La quantité d'eau est plus importante pour l'attiéké Ebrié (10 à 20%) que les types Adjoukrou et les Alladjan (7 à 10%). Toutefois, la pâte ne doit pas être trop liquide ni trop compacte.

3.1.2.7 LA FERMENTATION DE LA PÂTE

Le temps de fermentation de la pâte varie d'une productrice à une autre et est de 12 à 15 heures en moyenne. La productrice estime au toucher la qualité de cette fermentation et peut alors décider d'arrêter cette étape pour passer au pressage. Selon, les productrices à l'unanimité, le ferment rend la pâte légère la rendant apte à la transformation en grains. La technique de fermentation ne diffère pas selon les types d'attiéké. Cette étape est réalisée dans une grande cuvette bien recouverte ou dans des sacs bien fermés. La pâte ne doit pas rester à l'air libre.

Dans le cas de l'attiéké "Garba", le temps et la qualité de la fermentation sont variables mais n'excèdent pas ceux de l'attiéké habituel. Le temps n'excède pas 6 heures et est dépendant en grande partie du délai de livraison et de la quantité de

la commande. Quant à la qualité de la fermentation, elle est extrêmement liée à celle du ferment utilisé (généralement de qualité moindre) et à l'intérêt que lui porte la productrice.

3.1.2.8 LE PRESSAGE DE LA PÂTE FERMENTÉE

Toutes les productrices enquêtées utilisent une presse à vis mécanique pour le pressage de la pâte fermentée contenue dans un sac en nylon afin d'éliminer le surplus d'eau et faciliter la granulation. Les productrices avec l'habitude, connaissent le taux d'humidité qui convient. Dans ce cas aussi, les productrices décident en vérifiant au toucher si le pressage est correct. Selon les quantités journalières de racines de manioc utilisées par les productrices, la durée de pressage varie d'1 à 3 heures. Cette étape est aussi dépendante de la variété de manioc. Pour gagner du temps, certaines productrices combinent les étapes de fermentation (après environ 2 à 8 heures de fermentation) et de pressage. Ce procédé est beaucoup utilisé pour l'attiéké "Garba" (attiéké "vitesse"). Au cours de cette étape de pressage, l'eau qui est éliminée, draine avec elle, tous les résidus solubles (excès d'amidon, cyanure, substances minérales, etc..).

3.1.2.9 TAMISAGE DE LA PÂTE APRÈS PRESSAGE

Après pressage, la pâte fermentée est prise en boule puis passer à travers un premier tamis pour éliminer les premières impuretés et obtenir la semoule (émottage) qui servira à faire les grains. Ce tamis présente les mailles les plus grosses (4 à 5 mm). Ensuite un deuxième tamis de mailles plus petites (1,5 à 2 mm) est utilisé pour avoir une farine plus propre et plus fine. La granulation peut dès lors commencer.

3.1.2.10 LA GRANULATION DE LA FARINE

Elle se fait au moyen soit d'une cuvette (5 à 10 litres de contenance) en plastique (dans le cas Ebrié), soit d'une écuelle en bois (plus fréquente chez les Adjoukrou et les Alladjan). La granulation survient suite à des mouvements de rotation et prend fin lorsque la productrice estime que les grains sont bien ronds, bien faits et bien solides (Figure 3). Elle décide alors de privilégier une taille de grains parmi les différents grains obtenus : gros, moyens, petits et grains fins.

Le choix de la taille des grains est lié à l'ethnie de la productrice (ou du type d'attiéké). L'étape de granulation à l'aide de la main n'existe pas dans le procédé de fabrication du type "Garba". Ainsi, après le premier tamisage, quelque rare fois le deuxième, la semoule est directement introduite dans le couscoussier traditionnel pour cuisson.



Fig. 3. Photographie de la semoule non cuite de racines de manioc avant séchage et obtention de l'attiéké. (Cl. Assanvo J. B.)

3.1.2.11 LE SÉCHAGE DE LA SEMOULE NON CUITE OBTENUE

Le séchage sert à durcir le grain et à réduire la quantité d'eau de sorte à respecter une certaine humidité dans le produit fini après la cuisson. Les grains sont séchés au soleil sur de grandes nappes en plastique (ou bâches plus fréquentes chez les Ebrié) ou dans des plateaux en raphia (ou vans chez les Adjoukrou et les Alladjan). La qualité du séchage est appréciée à l'œil nu. Selon l'intensité du rayonnement solaire, les grains restent en moyenne 1 heure au soleil. Par temps pluvieux, les grains sont exposés dans la cuisine à une température variant entre 30 – 40 ºC en raison du feu.

Chez les Ebrié d'Abidjan, les supports de séchage sont divers (table ou tabouret) pour respecter les mesures d'hygiène. L'étape de séchage n'existe pas dans la production de l'attiéké "Garba". Par conséquent, ce produit fini a tendance à être pâteux (humide) et souvent plus collant que les autres types d'attiéké.

3.1.2.12 LE VANNAGE DE LA SEMOULE SÉCHÉE NON CUITE

Il est réalisé dans des plateaux en raphia (surtout chez les Adjoukrous et Alladjans) ou des cuvettes en plastique (le plus souvent chez les Ebriés). Cette étape nécessite l'utilisation du vent. Elle a pour but d'éliminer les fibres et les grains de très petites tailles. L'étape de vannage n'existe pas dans le cas de l'attiéké "Garba" qui par conséquent contient beaucoup de fibres.

3.1.2.13 TAMISAGE DE LA SEMOULE SÉCHÉE, VANNÉE ET NON CUITE

Avec différents tamis, la productrice obtient la taille des grains qu'elle souhaite. La semoule définitive contient alors des grains de taille de particulière ou un mélange de grains de tailles différentes. Par exemple l'agbodjama ne contient que des grains de même taille.

3.1.2.14 LA CUISSON

La cuisson se fait à la vapeur dans un matériel traditionnel de type couscoussier. La productrice tourne ou remue régulièrement l'attiéké à l'aide d'une spatule en bois afin d'exposer tous les grains à la vapeur. La cuisson dure environ 20 à 30 minutes, les grains cuits sont cohésifs et prennent un aspect légèrement translucide (Figure 4).

Une odeur légèrement fermentée agréable se dégage. Cette odeur est assez caractéristique de l'attiéké. Cependant, après cuisson au feu de bois, il est observé que le produit fini révèle un petit arôme de charbon de bois. La couleur (crème, jaune-claire ou beige ou blanc-cassé; Figure 5) de l'attiéké ressort parfaitement en fonction de la variété de manioc et de l'huile (cas de l'attiéké "Garba").

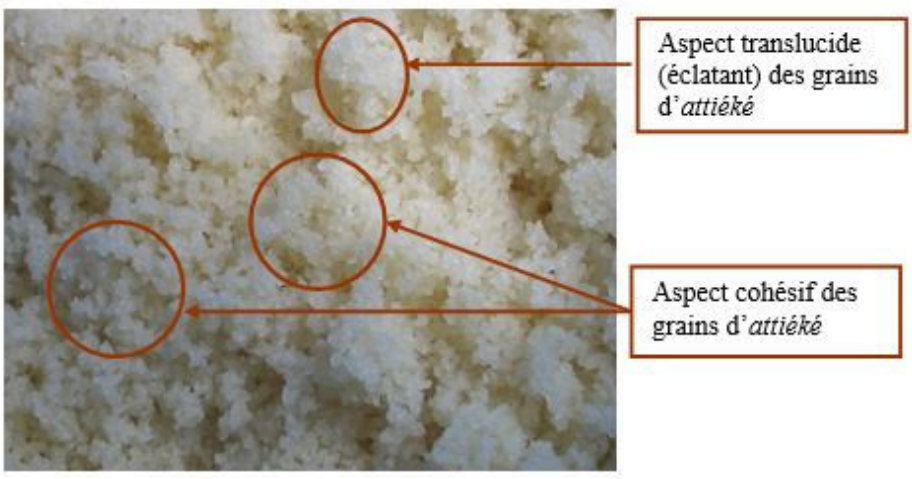


Fig. 4. Aspects translucide et cohésif de la semoule fermentée de racines de manioc cuite à la vapeur ou attiéké (Cl. Assanvo J. B.)

3.2 CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENTS TYPES D'ATTIÉKÉ

Chaque type d'attiéké est lié à un procédé de transformation propre à une ethnie. Ainsi donc, les Adjoukrou produisent l'attiéké Adjoukrou, les Alladjan, l'attiéké Alladjan et les Ebrié, l'attiéké Ebrié. Les Ebrié mettent plus l'accent sur la production

de l'attiéké "Garba" que les autres ethnies. Les procédés de fabrication des 3 types d'attiéké traditionnels (Adjoukrou, Alladjan, Ebrié) et du "Garba" sont présentés respectivement dans les Figures 6 a, 6 b, 6 c, 6 d.

3.2.1 ATTIÉKÉ ADJOUKROU (FIGURE 6 A)

Pour les productrices enquêtées à Dabou, l'attiéké Adjoukrou est composé d'un mélange de grains moyens et de petits grains. L'ensemble donne une seule forme d'attiéké. Celui-ci présente une texture cohésive au niveau des grains (texture collante, Figures 4 et 5) et est souvent de couleur éclatante jaune-crème ou crème. Légèrement acidulé, s'il est de bonne qualité, cet attiéké est conservé soit dans des paniers et recouvert de feuilles de *Thaumatococcus daniellii*) appelé communément feuilles d'attiéké, soit dans des sachets en plastique. La durée de conservation est d'une semaine à la température ambiante. Toutefois, ces productrices précisent que, lorsque les grains sont bien séchés et bien cuits, la conservation peut aller au-delà d'une semaine voire un mois.



Fig. 5. Couleurs et textures cohésives de l'attiéké Ebrié fraîchement préparé (Cl. Assanvo J. B.)
Couleur blanc-cassé avec texture cohésive (collante) prononcée
B) Couleur jaune-crème avec texture cohésive (collante) moins prononcée

3.2.2 ATTIÉKÉ ALLADJAN (FIGURE 6 B)

Très proche de l'attiéké Adjoukrou, il peut se différencier de celui-ci par ses grains. Généralement, les productrices Alladjan mélangent les grains semi-gros, moyens et les petits avant la cuisson. Cela donne à l'attiéké Alladjan une forme ou texture particulière. La conservation se fait surtout à l'aide de sachets plastiques. La durée de conservation de cet attiéké est la même que le type Adjoukrou.

3.2.3 ATTIÉKÉ EBRIÉ (FIGURE 6 C)

Les productrices Ebrié présentent plusieurs formes d'attiéké: l'"agbodjama" est composé de grains semi-gros appelés "ahimi". Il peut être un mélange de grains semi-gros et de grains moyens appelés "ahité". Le "n'tonié" est composé de petits grains ou grains fins et l'attiéké normal vendu sur le marché est généralement un mélange de deux ou trois catégories de

grains. Ces différentes formes d'attiéké présentent une texture moins collante (ou moins cohésive) que les autres types d'attiéké. L'"agbojama" et "n'tonié" sont des attiéké particulièrement peu collants ou cohésifs. Généralement, ils ne sont pas vendus sur le marché sauf à la demande du consommateur.

La productrice ébrié fait en sorte que dans chaque catégorie d'attiéké, les grains aient la même taille et soient surtout bien arrondis (comme les œufs de poisson selon les termes des productrices), particulièrement dans le cas de l'"agbodjama" et du "n'tonié". En général, l'attiéké ébrié est plus blanc que les deux premiers types (adjoukrou et alladjan), variant de la couleur blanc cassé à la couleur crème.

L'attiéké Ebrié se conserve en sachet plastique sur une semaine. Les conditions de conservation de cet attiéké sont les mêmes que celles des autres types d'attiéké.

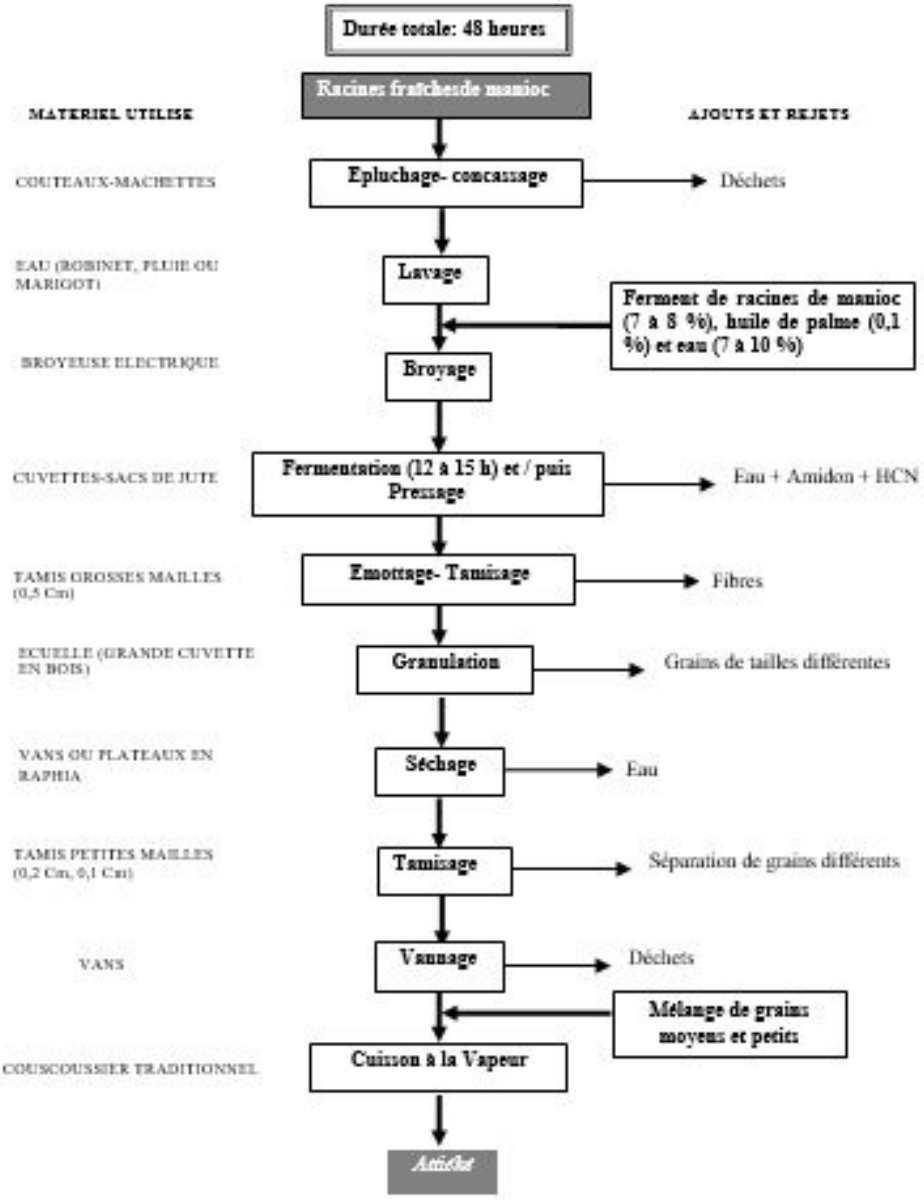


Fig. 6. (a). Schéma du procédé traditionnel de fabrication d'attiéké Adjoukrou

3.2.4 ATTIÉKÉ «GARBA» (FIGURE 6 D)

Il est présenté par les productrices traditionnelles (Adjoukrou, Alladjan, Ebrié) comme l'attiéké "vitesse" et n'est pas vraiment considéré comme de l'attiéké. C'est un attiéké dans lequel les grains ne sont pas bien distingués. On parle quelquefois d'absence de grains ou de grains apparents. Ce produit fabriqué sans séchage conduit à un produit fini très collant ou très cohésif. Les productrices ajoutent beaucoup d'huile de palme rouge décolorée (1 à 2 %) avant le broyage pour réduire l'aspect

collant ou cohésif et aussi pour développer la couleur jaune du produit fini. Plus le manioc est frais, plus la quantité d'huile de palme rouge décolorée est grande. La racine de manioc reçu le même jour ou un à deux jours après la récolte, nécessite un peu plus d'huile de palme rouge que le manioc qui a été stocké au moins 3 jours après la récolte. Le goût est souvent moins acide que celui de l'attiéké habituel et la durée de vie n'excède pas deux à trois jours. Les caractères humide et collant sont souvent très prononcés et cela se matérialise par la présence de petites boules ou amas à l'intérieur de l'attiéké (Figure 7).

Il arrive quelque fois que l'attiéké"Garba" se présente plus détaché (friable). Cela est dû à un excès d'huile et / ou à la variété de manioc. L'attiéké "Garba" est issu d'un processus mal exécuté ou écourté Figure 7). Le type ″Garba″ désigne aussi l'attiéké raté. En général, il est produit par les Baoulé et les Dioula et, quelquefois les Attié et surtout les Ebrié pour des raisons commerciales.

Vendu par des hommes, l'attiéké "Garba" est consommé par les populations à revenu faible et par les enfants à cause du poisson salé (thon) avec lequel il est associé à la vente. Le tableau 3 récapitule les différences notées entre la qualité de l'attiéké traditionnel (Adjoukrou, Alladjan et Ebrié) et celle du ″Garba″.

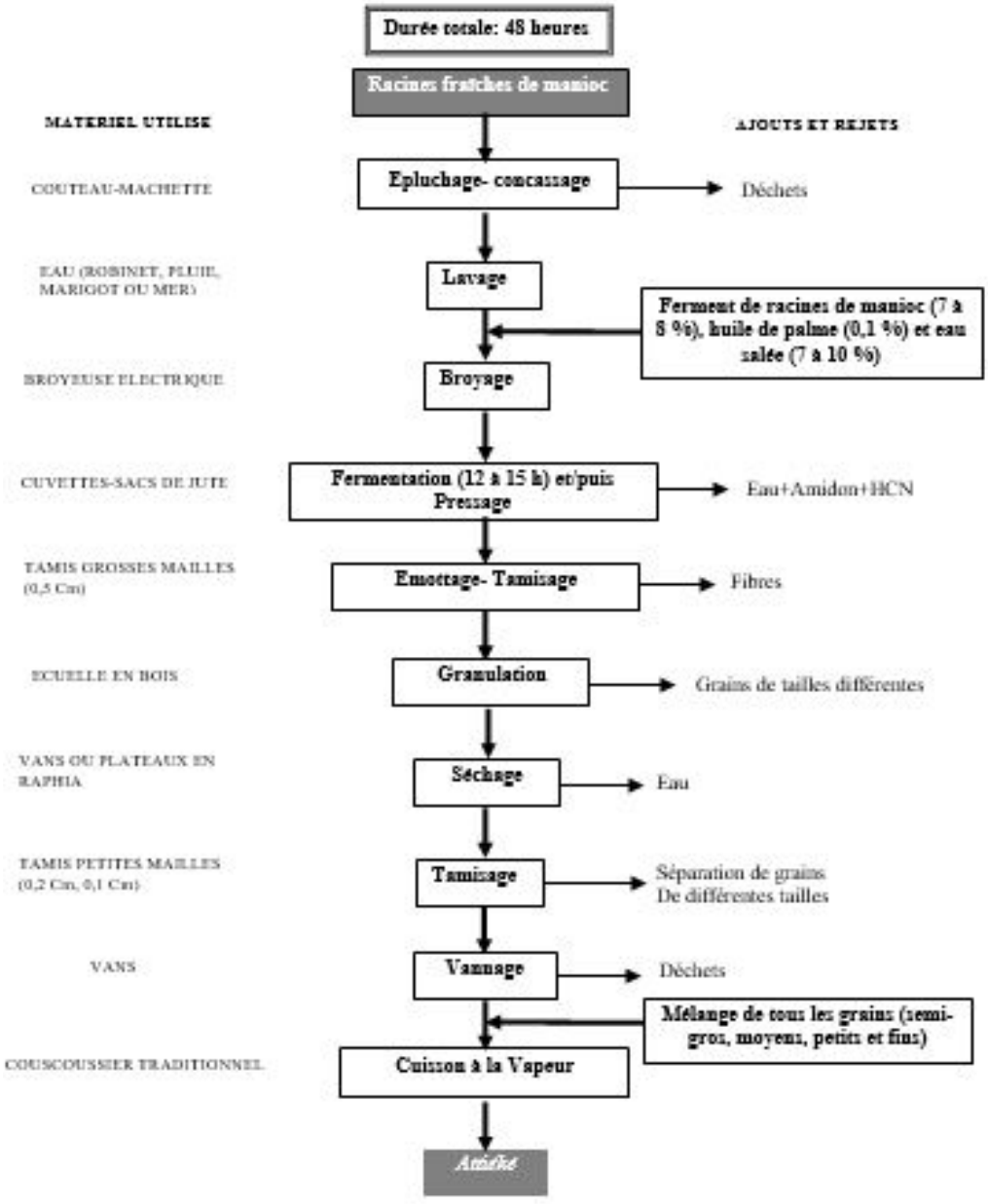


Fig. 6 (b). Schéma du procédé traditionnel de fabrication d'attiéké Alladjan



Fig. 7. Photographies de l'Attiéké "Garba" conditionné dans un sachet plastique et dans une assiette

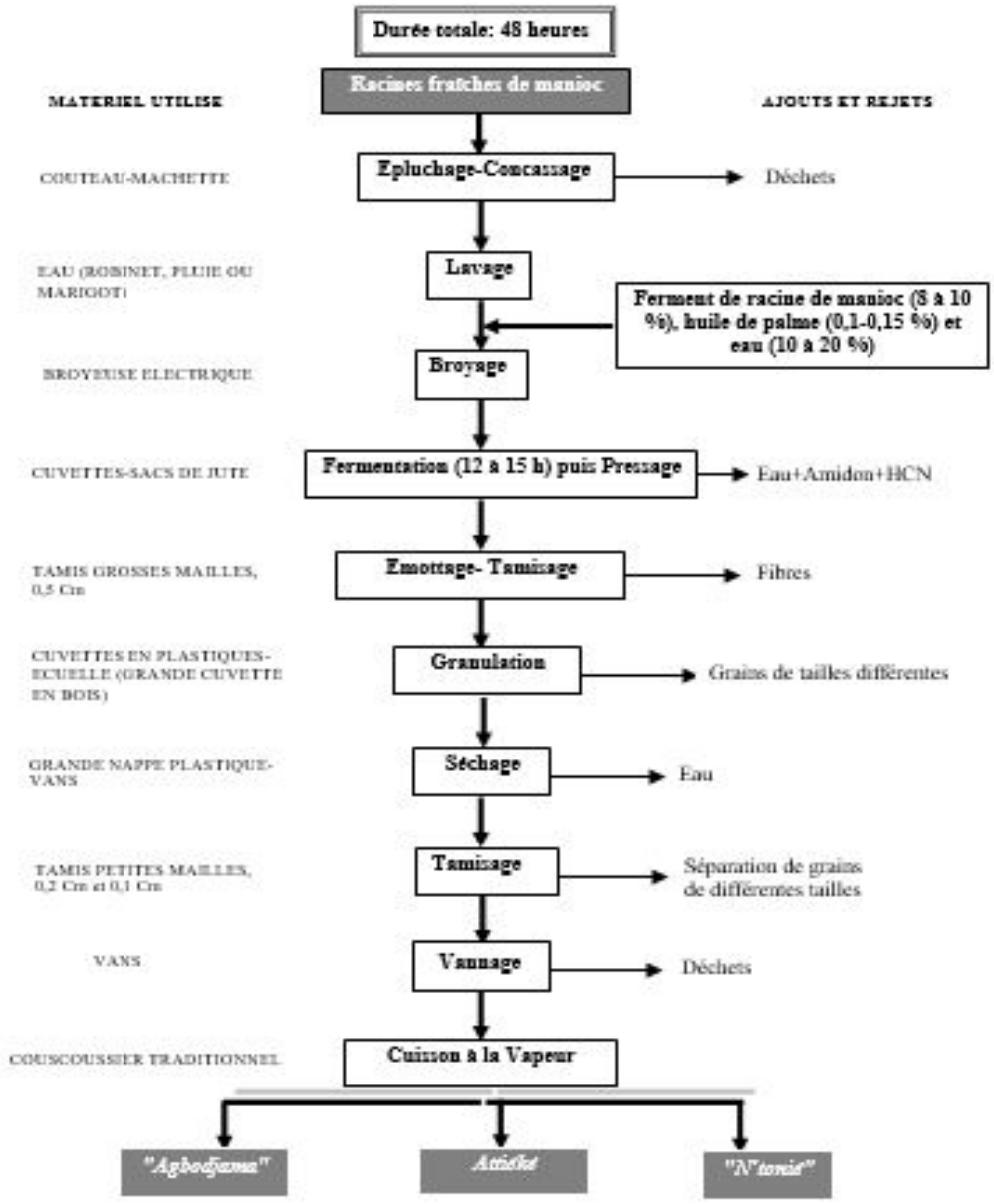


Fig 6 (c): Schéma du procédé traditionnel de fabrication d'attiéké Ebrié

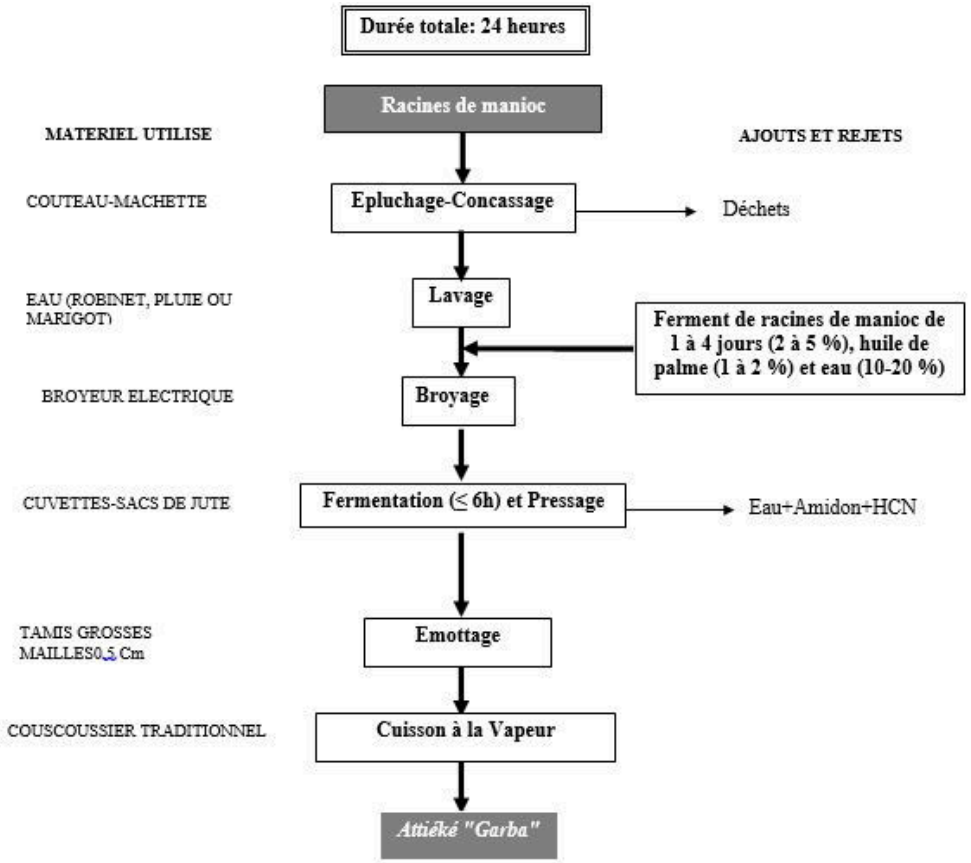


Fig. 6 (d). Schéma du procédé traditionnel de fabrication d'attiéké"Garba"

Tableau 2. Récapitulatif des différences au niveau des paramètres d'appréciation de l'attiéké traditionnel (qualité 1) et l'attiéké "Garba" (qualité 2)

Paramètres d'appréciation	Attiéké (qualité 1)	Garba (qualité 2)
Age du ferment:	2 à 3 jours	Indéfini peut varier en fonction de la demande (1 à 4 jours)
Quantité du ferment par rapport à la quantité de racines fraîchesde manioc	En moyenne 7 à 10% suivant l'ethnie productrice (type d'attiéké)	En moyenne 2 à 5% compensé par une grande quantité d'huile
Quantité d'huile de palme décolorée après chauffage	Petite (0,1%)	Grande (1 à 2%)
Grains	Bien formés	Mal formés ou absence
Séchage des grains	obligatoire	éliminé
Présence de fibres (vannage)	Très peu	Beaucoup
Humidité	Normale (variant en moyenne de 44 à 49% selon le type d'attiéké)	Anormale (variant en moyenne de 49 à 61% et peut atteindre 80% quelquefois)
Conservation	1 semaine au moins	2 à 3 jours
Consommation	Familiale et commerciale	Uniquement commerciale
Coût	Cher (1 à 2 fois plus cher que le "Garba) "	Moins cher
Qualité (goût, aspect, odeur)	Très bonne à bonne	Bonne à mauvaise

3.2.5 DESCRIPTEURS DE QUALITÉ DES DIFFÉRENTS TYPES D'ATTIÉKÉ SELON LES PRODUCTRICES ET LEUR IMPORTANCE

De façon générale, une liste des descripteurs de qualité de l'attiéké a été établie auprès des productrices d'attiéké. Les descripteurs sont classés par ordre d'importance selon les pourcentages attribués par les 170 productrices interrogées. La

comparaison des pourcentages des descripteurs de la qualité de l'attiéké montre l'importance du goût (94%), de l'odeur (64%), de la durée de vie (56%) et de la couleur (40%) (Figure 8).

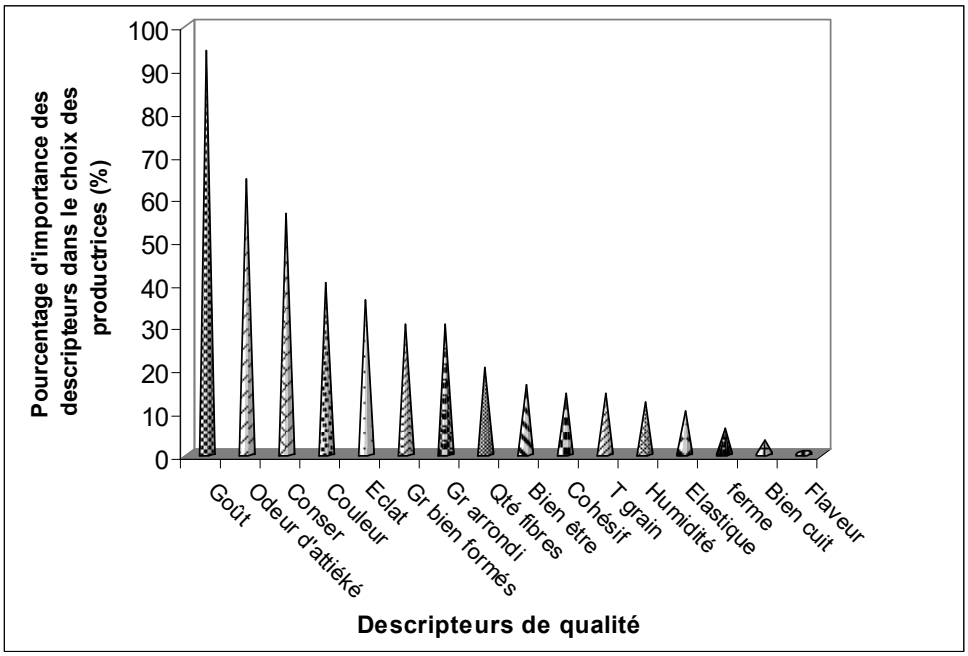


Fig. 8. Pourcentages d'importance des descripteurs de qualité d'attiéké définis par les productrices.

Conser: bonne conservation; l'aspect éclat exprime le caractère translucide de l'attiéké;Gr bien formés: grains bien formés; Gr arrondi: grains arrondis; Qté fibres: quantité de fibres;Bien être: procure un bien être; T grain: taille des grains; cohésif: cohésion entre les grains; Bien cuit: attiéké bien cuit

La couleur (40%) et l'aspect éclatant ou translucide (30%) apparaissent également comme des descripteurs qui comptent beaucoup dans l'appréciation des productrices ainsi que les attributs grains arrondis, grains bien formés (30%) et la quantité de fibres (20%) présentes dans le produit fini. Les autres descripteurs de l'attiéké (Procure un bien être, caractère collant des grains, taille des grains, humidité, élasticité) apparaissent comme secondaires dans le jugement des 170 productrices d'attiéké (Figure 8). Par contre selon les pourcentages obtenus, ces dernières n'accorderaient pas d'importance aux descripteurs tels que la fermeté, l'attiéké bien cuit et la flaveur.

3.2.6 FRÉQUENCE DE PRODUCTION, QUANTITÉS MOYENNES JOURNALIÈRES ET PRIX DES DIFFÉRENTS TYPES D'ATTIÉKÉ SELON LES ETHNIES PRODUCTRICES

La production d'attiéké par semaine se fait suivant un emploi du temps qui est très souvent respecté. La fréquence est de deux (2) à trois (3) fois par semaine suivant l'ethnie productrice (Tableau 4). La confection de l'"agbodjama" Ebrié se fait une fois par semaine et quelques rares fois, deux fois par semaine. La quantité moyenne d'attiéké produite tourne autour de 30 kg pour l'attiéké et 60 kg pour l'attiéké "Garba" par jour de production. Toutefois, cette quantité peut varier à la hausse ou à la baisse en fonction de la quantité de racines de manioc obtenue, de la variété de manioc et de la main d'œuvre disponible. De façon générale, il est observé que l'attiéké "Garba" est moins cher (une fois moindre) par rapport aux trois autres types d'attiéké. L'attiéké Ebrié commercial est par contre moins cher par rapport aux types Adjoukrou et Alladjan. Cependant, l'attiéké "agbodjama" Ebrié est plus cher que tous les autres types d'attiéké. Le tableau 4 donne les prix par kg d'attiéké selon les ethnies (ou les types d'attiéké).

L'attiéké Ebrié est le plus souvent conditionné dans des sachets plastiques sous forme de boule de 100 FCFA à la différence des types Adjoukrou et Alladjan. Les prix des boules des types d'attiéké Adjoukrou et Alladjan sont fixés à partir de 150 FCFA ou 250 FCFA. Par contre, l'attiéké "Garba" est vendu dans des paniers recouverts de toile en plastique transparent ou dans de grands sachets plastiques. La plus petite part d'attiéké "Garba" vendu pour la consommation immédiate chez le vendeur détaillant, coûte 50 FCFA. Ce tarif n'existe pas pour l'attiéké habituel.

Tableau 3. Fréquences de production, les quantités journalières et les prix des différents types d'attiéké selon les ethnies productrices

Types d'attiéké	Fréquence de production par productrice/6j	Quantité (Kg/j)	Prix /Kg (FCFA)
Adjoukrou	2 à 3	40-50	350-400
Alladjan	2 à 3	30-40	300-350
Ebrié agbodjama	1	20-25	450-500
Ebrié habituel	2	40-50	250-300
Garba	5	50-60	150-200

3.3 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS DE FERMENT DE MANIOC ET DES ATTIÉKÉ DES 4 TYPES D'ATTIÉKÉ

3.3.1 GRANULOMÉTRIE DE L'ATTIÉKÉ

L'attiéké comme le gari, se présente sous forme d'une semoule de granulométrie variable. Les grains des quatre types d'attiéké séchés (Adjoukrou, Alladjan, Ebrié et garba) peuvent être classés en 5 catégories (Tableau 5): taille extra fine (**Ø** < 0,80 mm), taille fine (0,80 mm ≤ **Ø** < 1,00 mm), taille petite (1,00 mm ≤ **Ø** < 1,50 mm), taille moyenne (1,50 mm ≤ **Ø** < 2,00 mm) et taille grosse (2 mm ≤ **Ø** < 3 mm). En moyenne, 20% des grains d'attiéké séchés ont un diamètre inférieur à 1 mm, 70% ont un diamètre compris entre 1 et 2 mm et 10% ont un diamètre supérieur ou égal à 2 mm mais inférieur à 3 mm. Il existe une sixième catégorie de grains (**Ø** ≥ 3,00 mm) qui n'existe pas dans le produit fini mais qui apparaît au cours de la granulation. Cette partie est souvent éliminée ou reconstituée pour avoir des tailles plus petites. Ces intervalles de taille peuvent varier légèrement en fonction de la variété de manioc utilisée, de la fermentation et de l'aptitude à faire des grains facilement. La garba possède en général des grains dont le diamètre est inférieur à 0,8 mm.

3.3.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES FERMENTS DE MANIOC IAC BOUILLIS

Le tableau 6 montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les ferments de manioc quel que soit le type d'attiéké (ébrié, alladjan et adjoukrou) pour ce qui est des différents paramètres étudiés à savoir le pH (5,48-4,9), l'acidité titrable (0,36-0,25), l'acide lactique (0,27-0,18) et l'acide acétique (0,08-0,05). Seul le ferment du garba présente des taux différents et bas concernant les paramètres suivants (acidité titrable, acide lactique, acide acétique). Son pH a été plus élevé que celui des ferments ébrié, adjoukrou et alladjan (Tableau 6). Le pH du manioc frais est de 6,01 avec une acidité quasiment inexistante (Tableau 6).

Tableau 4. Répartition granulométrique des grains d'attiéké séchés des types d'attiéké enquêtés

Diamètre des grains (mm)	Proportion de chaque catégorie (%)	Proportion cumulée (%)	Taille
Ø < 0,8 mm	10	-	extra fine
0,8 ≤ Ø < 1 mm	10	20	fine
1 ≤ Ø < 1,5 mm	30	50	petite
1,5 ≤ Ø < 2 mm	40	90	moyenne
2 ≤ Ø < 3 mm	10	100	grosse

Tableau 5. Taux moyen des caractéristiques physicochimiques des 36 échantillons de ferment de manioc bouilli et 36 échantillons de manioc frais.

Caractéristiques physicochimiques étudiés	Manioc frais Variété IAC	Ferment Ebrié	Ferment Adjoukrou	Ferment Alladjan	Ferment Garba
		Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type
pH	6,01 **a**	4,9 **b**	5,2 **b**	5,3 **b**	5,48 **c**
Aidité titrable (mEq/100g)	0,1 **a**	0,36 **b**	0,33 **b**	0,30 **b**	0,25 **c**
Acide lactique	0,09 **a**	0,27 **b**	0,25 **b**	0,23 **b**	0,18 **c**
Acide acétique	0,02 **a**	0,08 **b**	0,07 **b**	0,08 **b**	0,05 **c**

N=36

***Nb**: Les moyennes suivies des mêmes lettres dans une ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.*

3.3.3 CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DES 4 TYPES D'ATTIÉKÉ

En comparant le pH des 4 types d'attiéké, on note en moyenne que le pH est acide et varie de 4,56 (attiéké Ebrié habituel) à 4,70 (Attiéké garba). Ce qui donne à l'attiéké son caractère acidulé sans être aigre. Le pH de l'attiéké garba est le moins acide. Cela peut se comprendre par le fait que la fermentation n'est pas complète donc en dessous du temps règlementaire (12 heures-15 heures pour l'attiéké traditionnel). L'attiéké garba présente un pH significativement différent ($p < 0,05$) des autres attiéké. L'attieké Ebrié Agbodjama ainsi que les attiéké adjoukrou et alladjan ne présentent pas de pH différents. Leur pH est moins acide que celui des attiéké Ebrié habituel et n'tonié qui présentent le même pH (Tableau 7).

Tableau 6. Taux moyen, l'écart type, du taux des caractéristiques physicochimiques des 54 échantillons d'attiéké.

Caractéristiques physicochimiques étudiés	Attiéké Ebrié Agbodjama	Attiéké Ebrié habituel	Attiéké Ebrié n'tonié	Attiéké Adjoukrou	Attiéké Alladjan	Attiéké Garba
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type
Matière sèche (%)	56,479 ± 2,14	55,447 ± 0,35	51,547± 2,71	53,286 ± 0,98	52,595 ±1,204	47,411±7,841
Humidité (%)	43,521 ±2,14	44,553 ± 0,35	48,453 ± 2,71	46,714 ± 0,98	47,405±1,204	52,589±7,841
pH	4,65 ± 0,03 **a**	4,56± 0,13 **ab**	4,58 ± 0,01 **ab**	4,67 ± 0,11 **a**	4,63 ± 0,15 **a**	4,70 ± 0,18 **c**
Aidité titrable (mEq/100g)	0,85 ± 0,04 **b**	1,20 ± 0,10 **a**	1,02 ± 0,02 **a**	0,83 ± 0,09 **c**	0,90 ± 0,12 **b**	0,68 ± 0,20 **d**
Acide lactique	0,79± 0,11 **a**	1,13 ± 0,17 b	0,97 ± 0,12 **b**	0,77 ±0,23 **c**	0,84± 0,09 **a**	0,58 ± 0,16 **d**
Acide acétique	0,06± 0,02 **a**	0,10 ± 0,04 **b**	0,07± 0,01 **a**	0,09 ± 0,03 **b**	0,07± 0,012 **a**	0,04± 0,05 **a**

***N**=54,*

***Nb**: Les moyennes suivies des mêmes lettres dans une ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.*

Attiéké n'tonié correspond à l'attiéké ebrié possédant des petits grains de même taille et ronds

Attiéké Agodjama correspond à l'attiéké ebrié possédant des grains ronds comparés aux œufs de poissions et sensiblement de même taille

L'acidité titrable étant inversement proportionnel au pH, on note également que l'acidité de l'attiéké garba est moins élevé que les autres attiéké Ebrié Agbodjama, Ebrié N'tonié, Ebrié habituel, attiéké adjoukrou et attiéke alladjan (Tableau 7). L'analyse de variance montre également une différence significative entre le garba et les autres types d'attieké.

Le taux d'humidité du garba est significativement différent ($p<0,05$) des taux d'humidité des attiéké ébrié Agbodjama (43,521%), ébrié habituel (44,553%), ébrié n'tonié (48,453%), attiéké Adjoukrou (46,714%) et attiéké Alladjan (47,405%).

On note que le taux d'acide lactique est faible dans tous les types d'attiéké mais est plus élevé dans l'attiéké ébrié habituel (1,13 ± 0,17%). Par contre, le taux d'acide lactique dans l'attiéké garba reste le moins élevé (0,58 ± 0,16%).

Le taux d'acide acétique est très faible quel que soit le type d'attiéké (Tableau 7).

Toutes les variables biochimiques (amidon, sucres totaux, sucres réducteurs, protéines, matières grasses, fibres, cendres, cyanure) recherchées dans les 4 types d'attiéké sont présentes à des quantités variables (Tableau 8). Quelle que soit la variable biochimique recherchée, au niveau des 4 types d'attiéké (ébrié, addjoukrou, alladjan et garba), l'analyse de variance révèle qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) au moins entre deux des quatre types d'attiéké (Tableau 8).

Tableau 7. Taux moyen, l'écart type, du taux des caractéristiques biochimiques des 54 échantillons d'attiéké.

Caractéristiques biochimiques étudiés	Attiéké Ebrié Agbodjama	Attiéké Ebrié habituel	Attiéké Ebrié n'tonié	Attiéké Adjoukrou	Attiéké Alladjan	Attiéké Garba
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type
Amidon (mg/100g)	95,35 ± 0,64 **a**	91,74 ± 0,85 **a**	83,12 ± 1,12 **b**	93,51 ±1,65 **a**	90,94 ± 0,97 **a**	78,89 ± 2,16 **b**
Sucres totaux	2,05 ± 1,03 **a**	1,66 ± 0,55 **b**	1,32 ± 0,67 **c**	1,55 ± 0,37 **b**	1,44 ± 0,25 **b**	1,14 ± 0,17 **d**
Sucres réducteurs	0,43 ± 0,18 **a**	0,33 ± 0,14 **b**	0,27 ± 0,08 **bc**	0,35 ± 0,17 **b**	0,30 ± 1,02 **b**	0,15 ± 0,10 **c**
Fibres	1,15 ± 0,57 **a**	1,43 ± 0,63 **b**	1,10 ± 0,71 **a**	1,56 ± 0,88 **c**	1,48 ± 0,92 **b**	2,53 ± 1,05 **d**
Protéines (mg/100g)	4,3 ± 2,06 **a**	3,95 ± 1,12 **a**	4,00 ± 2,25 **a**	4,2 ± 2,07 **a**	3,89 ± 1,23 **a**	3,02 ± 1,33 **b**
Matières grasses (mg/100g)	0,075 ± 0,02 **a**	0,078 ± 0,04 **a**	0,074 ± 0,05 **a**	0,065 ± 0,08 **a**	0,057 ± 0,035 **b**	1,22 ± 0,38 **c**
Cendres (mg/100g)	1,78 ± 1,21 **a**	1,80 ± 1,18 **a**	1,76 ± 0,84 **a**	1,90 ± 0,68 **b**	1,84 ± 1,07 **c**	1,62 ± 1,05 **d**
Cyanure (mg/100g)	4,95 ± 1,01 **a**	5,18 ± 1,51 **a**	4,62 ± 0,78 **b**	3,88 ± 1,03 **c**	3,52 ± 1,15 **c**	12 ± 2,02 **d**

***N**=54,*

***Nb**: Les moyennes suivies des mêmes lettres dans une ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.*

Attiéké n'tonié correspond à l'attiéké ebrié possédant des petits grains de même taille et ronds

Attiéké Agodjama correspond à l'attiéké ebrié possédant des grains ronds comparés aux œufs de poissions et sensiblement de même taille

Le taux d'amidon est élevé et varie en moyenne de 95 g/100g MS (attiéké Ebrié Agbodjama) à 78,89 g/100g MS (attiéké garba). L'analyse de variance indique une différence significative entre les taux d'amidon des différents types d'attiéké. Précisément le taux d'amidon de l'attiéké garba est différent ($p < 0,05$) et surtout plus petit que le taux d'amidon des attiéké Ebrié Agbodjama, attiéké ébrié habituel (91,74 g/100g MS); l'attiéké ébrié n'tonié (83,12 g/100g MS), l'attiéké adjoukrou (93,51 g/100g MS), l'attiéké alladjan (90,94 g/100g MS), (Tableau 8).

Le taux de sucres totaux (compris entre 1,17 g/100g MS et 1,58 g/100g MS) ainsi que le taux de sucres réducteurs des 4 types d'attiéké (0,15-0,43 g/100g MS) sont très faibles. L'attiéke ébrié Agbodjama présente le taux le plus élévé (2,05 ± 1,03 g/100g MS) tandis que la teneur la plus faible en sucres totaux est présenté par l'attieké garba (1,14 ± 0,17 g/100g MS). L'analyse de variance indique une différence significative ($p < 0,05$) entre les 4 types d'attiéké. Cela signifie qu'au moins deux attiéké sont différents entre eux. On note que l'attiéké garba se différencie de tous les autres attiéké.

Les taux de sucres réducteurs sont très faibles pour tous les attiéké et varient de 0,43 ± 0,18 g/100g MS (attieké ébrié agbodjama) à 0,15 ± 0,66 g/100g MS (attiéké garba). Les attiéké ébrié habituel, adjoukrou et alladjan ne sont pas significativement différents au seuil 0,05% (tableau 8). L'attiéké garba reste celui qui présente le plus faible taux de sucres réducteurs.

Pour les paramètres suivants fibres, protéines, matières grasses, cendres et cyanure, l'attiéké garba présente les taux les plus élevées en fibres (2,53 ± 1,05 g/100g MS), en matières grasses (1,22 ± 0,38 g/100g MS) et en cyanure (12 ± 2,02 g/100g MS), (Tableau 8). L'analyse de variance indique une différence significative entre les types d'attiéké étudiés. Cela suppose qu'au moins deux attiéké sont différents entre eux (Tableau 8).

La teneur en matières grasses est très faible quelle que soit le type d'attiéke et elle varie de 0,057 à 1,22% par rapport à la matière sèche. La teneur en cendres des types d'attiéké de la variété de manioc IAC est comprise entre 1,62 (attiéké garba) et 1,90% (attiéké adjoukrou).

Les teneurs en protéines des types d'attiéké se situent entre 3,02 ± 1,33 g/100g MS (attiéké garba) et 4,3 ± 2,06 g/100g MS (attiéké ébrié agbodjama). Il existe une différence significative entre l'attiéké garba et les autres types d'attiéké qui possèdent sensiblement le même taux de protéines.

Le taux de fibres est plus élevé dans l'attiéke garba comparativement aux autres types d'attiéké et varie de 1,10 ± 0,71g/100g MS (attiéké ébrié n'tonié) à 2,53 ± 1,05 g/100g MS pour le garba

3.3.4 RENDEMENT DE PRODUCTION DES 4 TYPES D'ATTIÉKÉ

La moyenne arithmétique du rendement final de production d'attiéké est présentée dans le tableau 9. Sur la base des 9 échantillons par attiéké, on note que la variété de manioc IAC, présente le rendement de production d'attiéké garba le plus élevé (38,07%) tandis que son rendement de production de l'attiéké type alladjan est le plus faible (31,93%). Toutefois, ce dernier rendement se rapproche de celui de l'attiéké adjoukrou (32,42%) et type ébrié habituel (33,83%).

4 DISCUSSION

4.1 INFLUENCE DES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION DE L'ATTIÉKÉ TRADITIONNEL SUR SA QUALITÉ

4.1.1 ANALYSE DU PROCÉDÉ TECHNOLOGIQUE DE L'ATTIÉKÉ ET LES CONTRAINTES LIÉES À LA CHAÎNE ALIMENTAIRE (DU MANIOC AU CONSOMMATEUR)

Les résultats de nos enquêtes en particulier l'impact de la variété de manioc et du ferment de manioc sur la qualité de l'attiéké traditionnel sont confirmés par les travaux de Kouadio *et al.* [6] qui ont portés sur l'étude comparative des procédés traditionnels de préparation de l'attiéké dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, ces auteurs ont montré que les méthodes traditionnelles de préparation du ferment de manioc et de l'attiéké sont identiques à quelques nuances près. Il en est de même pour le mode de conservation traditionnel du produit fini. Le constat réalisé montre que de nos jours, les procédés de fabrication ont tendance à se ressembler de plus en plus en raison du brassage culturel mais aussi de la demande plus croissante. De ce fait, la durée du procédé de fabrication s'est trouvée réduite. Le temps de fermentation est passé à 12 à 15 heures (une demi-journée) alors qu'il était de 1 à 2 jours selon Kouadio *et al.* [6]. Parallèlement, il a été noté que la proportion de ferment peut varier en fonction de la variété de manioc utilisée (quantité et qualité) pour la préparation de l'attiéké. L'appréciation de la fin et la qualité de la fermentation est restée la même et se fait au toucher [6]. La semoule ainsi obtenue du fait de la modification de la texture de la pâte au cours de la fermentation, facilitera la mise en forme de petits granules ayant la capacité d'absorber une grande quantité d'eau [23]; [4]. En somme, selon Piard et Desmazeaud [24], [25], ce sont les bactéries lactiques, agents principaux de la fermentation des racines de manioc, qui contribuent à la texture, à la saveur des aliments ainsi qu'à la production de composés aromatiques. L'opération de broyage facilite la fermentation car selon les travaux de Mescle et Zucca [26], au cours des traitements de la matière végétale, le pelage, le broyage ou le pressage suppriment les structures cellulaires, homogénéisent le milieu et favorisent le développement des microorganismes. La fermentation a donc un impact bénéfique sur la qualité du produit attiéké [27] et il est important de s'assurer qu'elle se déroule dans les meilleures conditions d'obtention du produit fini.

Les aménagements effectués dans le procédé de fabrication de l'attiéké "Garba" (attiéké rapide ou vitesse) pourraient entraîner des conséquences graves sur la santé du consommateur. L'une de ces conséquences est le risque lié à la présence de résidus de cyanure dans le produit fini à cause de la réduction du temps de fermentation du manioc qui peut être très amère (toxique).

Dans le cas de l'attiéké "Garba", on assiste également à l'élimination de la granulation, du séchage et à la réduction du temps de cuisson qui aident également à l'élimination du cyanure sous la forme volatile. Barrett *et al.* [28]**;** Oke [29]; Banea *et al.* [30] confirment nos craintes et selon leurs travaux, il est possible de prévoir l'exposition au cyanure en cas d'utilisation des procédés technologiques écourtés ou mal exécutés quelle que soit la variété utilisée. Banea *et al.* [30] confortent ces résultats en suggérant l'élimination de la plus grande partie des composés cyanés au cours de la transformation de façon à ramener les produits à un niveau inférieur à 10 mg par kilogramme, considéré comme sans danger pour la consommation [31]. Ainsi, selon Obilie et al. [32], l'attiéké fabriqué dans le Sud-Ouest du Ghana ("akyeke") ne pose pas de risque de toxicité parce que toutes les étapes du procédé de fabrication sont respectées. La quantité totale de cyanure contenu dans le produit fini "akyeke" (chez les ghanéens) est très basse (entre 1,4 et 2,8 mg CN équivalent / kg de matière sèche) et les variétés de manioc utilisées sont douces (69,3 - 110 mg CN équivalent/kg de matière sèche).

Outre le caractère toxique de la variété de manioc, il faut souligner l'impact de celle-ci sur la couleur du produit attiéké. On peut supposer, compte tenu de la différence de couleur des différents types d'attiéké Alladjan, Adjoukrou et l'attiéké Ebrié, que la variété de manioc utilisée chez les différentes ethnies en est le facteur. Selon Sotomey et al. [33]**,** pour l'attiéké, la couleur est le plus souvent fonction de la nature de la matière première (variétés de manioc), de l'humidité de la pâte roulée et de la quantité d'huile de palme (huile blanchie ou non). A l'état frais, l'attiéké présente une couleur variant du jaunâtre au blanchâtre (la couleur crème est préférée en Côte d'Ivoire). Il est parfois sombre, selon l'utilisation de certaines variétés de manioc. La couleur s'assombrit davantage 3 à 5 jours après la préparation avec l'altération de la qualité. Esser et Nout [34] affirment que les moisissures seraient responsables de la couleur sombre du produit fini suite à une fermentation spontanée. Nous pouvons ajouter que la présence de l'huile pourrait provoquer une légère oxydation.

Tous ces problèmes liés à la variété de manioc et au procédé de fermentation permettent de dire que la qualité de l'attiéké dépend de la fermentation qui n'est pas toujours contrôlée et des variétés de manioc dont les aptitudes à la transformation, ne sont pas toujours maîtrisées. En principe, une fois le produit fabriqué, l'emballage alimentaire devrait permettre à l'aliment d'atteindre le consommateur dans les conditions optimales [35]. L'emballage aide à maximiser la durée de vie d'un produit en portant cette information importante sur l'étiquette [35]. Pour l'instant, nous ne pouvons pas garantir le type d'emballage utilisé par nos productrices du fait qu'elles utilisent les sachets sans aucune caractéristique commerciale vendus sur les

marchés; car aucune étude scientifique n'a été effectuée pour déterminer la qualité de ces emballages. A vue d'œil, ces emballages sont très fragiles et n'assurent pas la sécurité des produits finis.

On peut également souligner le risque de santé publique qui peut être dû à la qualité microbiologique du produit vendu et mal entretenu (emballé ou protégé) donc à une recontamination. Assanvo *et al.* [4] ont montré que parmi les principaux microorganismes présents au cours de la fermentation, figuraient les *Bacillus* et les levures. Ce risque de récontamination pourrait être également aggravé lorsque les emballages sont eux-mêmes porteurs de germes d'altération.

4.1.2 IMPORTANCE DES DESCRIPTEURS DE QUALITÉ DE L'ATTIÉKÉ VUS PAR LES PRODUCTRICES

Les attributs de qualité de l'attiéké revêtent une importance capitale dans l'appréciation du produit attiéké par les productrices. Ainsi, les 170 productrices interrogées, attribuent au descripteur goût une importance capitale dans le choix d'un bon attiéké. Cela signifie que le goût légèrement acidulé de l'attiéké est véritablement recherché dans sa confection par les productrices. Ce qui est tout à fait normal puisque c'est un produit issu d'une fermentation lactique [4]. L'attiéké peut avoir une saveur sucrée indépendamment du caractère acidulé ou même une saveur neutre. Cela peut se comprendre puisque selon Spinnler et Desmazeaud [36], les sucres interviennent par définition dans la saveur des aliments fermentés. Cependant, comme leurs concentrations résiduelles sont souvent limitées en fin de fermentation, leur rôle est souvent faible. Dans le cas de l'attiéké, la fermentation produit en fin de process, de l'acide lactique, de l'acide acétique et très peu d'éthanol [9]. Ces composés ont un seuil de perception très élevé, néanmoins, du fait de leurs fortes concentrations, ils ont un impact sur la qualité organoleptique des produits [36]. Les travaux de Spinnler et Desmazeaud [36], indiquent également que les acides organiques issus de la glycolyse sont des précurseurs d'arômes importants. L'attribut odeur occupe donc la deuxième place dans le choix des productrices suivi du descripteur "longue durée de vie". Les deux descripteurs (odeur et goût) sont des repères pour la productrice dans l'appréciation de la qualité du produit fini. L'odeur d'attiéké est très caractéristique de cet aliment et bien qu'aucune étude n'ait été faite sur cet aspect du produit, on l'apprécie souvent comme odeur de racine de manioc fermentée. On peut supposer comme le signale Doleyres [37] que cette odeur est liée à la présence de composés aromatiques produits par les bactéries en particulier les bactéries lactiques présents dans le milieu de fermentation. Cette odeur selon les productrices doit être agréable (supposée pas trop forte). Par ailleurs, Ceram et Maille [38] ont montré que les odeurs désagréables avaient un impact négatif sur les points de vente.

En plus des critères précédemment indiqués, les productrices apprécient un bon attiéké lorsqu'il est bien cuit et se conserve plus longtemps (pourcentage du descripteur "longue durée de vie" est de 56 %). Le faible pourcentage (3%) au niveau du terme "bien cuit" ne reflète pas vraiment la réalité si on s'en tient aux dires des productrices. En effet, la conservation de l'attiéké est très souvent liée au caractère bien cuit. Aussi, il serait incompréhensible de ne pas en tenir compte dans notre analyse. La cuisson est une étape très importante car elle permet de mettre en évidence la couleur et le caractère translucide ou éclatant du produit lorsqu'elle est bien faite. Elle a un impact sur la qualité hygiénique (ou microbiologique) et toxique de l'attiéké. Elle permet également une conservation prolongée de l'attiéké.

La couleur et l'aspect éclatant (ou translucide) apparaissent également comme des descripteurs qui comptent beaucoup dans l'appréciation des productrices ainsi que les attributs grains arrondis et grains bien formés. La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un aliment. C'est une des premières impressions d'un aliment. En effet, la couleur est souvent liée à la maturité, à la présence d'impuretés, à la mise en œuvre appropriée ou défectueuse d'un traitement technologique, à de mauvaises conditions d'entreposage, à un début de détérioration par les microorganismes, [39]. La couleur et l'éclat (caractère translucide) de l'attiéké sont appréciés par les productrices selon les ethnies. Ainsi, les Ebrié préfèrent la couleur blanc cassé et, les Adjoukrou et les Alladjan la couleur jaune clair (ou crème). Dans tous les cas, l'attiéké doit présenter un éclat dû à son caractère translucide.

Bien que les autres descripteurs (quantité de fibres, procure un bien être, taille des grains, humidité, ferme, élastique et flaveur) apparaissent comme secondaires dans le jugement des 170 productrices interrogées, ils revêtent tout de même une certaine importance. L'une des différences fondamentales et visibles entre l'attiéké "Garba" et l'attiéké habituel, est la présence de fibres. Plus l'attiéké est de meilleure qualité moins il y a de fibres. L'absence de fibres joue un grand rôle dans la présentation du produit et également dans l'attrait exercé sur le consommateur ou la productrice. Le terme "procure un bien être" a été pris en compte par les productrices comme un attribut de leur produit attiéké, toutefois, il met plus en exergue le caractère hédonique de l'aliment ou mieux encore, il exprime le plaisir ressenti par le producteur ou le consommateur lorsqu'il le mange.

La flaveur qui est un terme bien complexe pour les productrices d'attiéké, est selon Spinnler et Desmazeaud [36], l'ensemble des perceptions que l'homme peut apprécier avec sa bouche; c'est-à-dire le goût (sucré, salé, acide, amer et umami ("goût délicieux" du glutamate et de l'aspartate)), l'arôme (qui est perçu après la mise en bouche par voie rétronasale) et l'ensemble des perceptions somestésiques (texture, chaleur, piquant (poivre, piment,…)). L'importance du goût et de l'odeur

(qui représentent les deux plus forts pourcentages) montre que le descripteur flaveur de l'attiéké est aussi important pour les productrices. On peut penser que la perception de ce terme n'a pas été effective même à travers l'explication des enquêteurs. Il semblerait également que le descripteur fermeté de l'attiéké ait aussi été mal perçu et l'intérêt accordé à la fabrication des grains par les productrices dans la production d'attiéké, le démontre. De plus, l'humidité du produit fini ne doit pas être au-delà de la limite recherchée puisque selon les spécialistes en la matière, l'attiéké ne doit ni être perçu comme humide, ni comme sec. Ce caractère humide de l'aliment peut être apprécié de façon visuelle (présence de boules, cas de l'attiéké "Garba") mais surtout lorsque l'attiéké est en bouche. Selon les productrices traditionnelles, il est important de sentir la fermeté et surtout le caractère granuleux des grains d'attiéké. Quant à l'attribut élastique de l'attiéké, il se reconnaît au caractère spongieux du produit fini. Si pour la productrice, il est important de voir son attiéké "gonfler", il n'est pas aisé pour elle de savoir que cela exprime le caractère élastique. En définitive, on s'aperçoit que tous les attributs de qualité sont aussi importants pour les productrices.

4.1.3 CONSÉQUENCE DE LA QUALITÉ DE L'ATTIÉKÉ SUR SON PRIX DE VENTE ET SA FRÉQUENCE DE PRODUCTION

La qualité de l'attiéké influence son prix de vente et sa fréquence de production. Plus les procédés de fabrication de l'attiéké sont écourtés et mal exécutés moins il est cher et plus la quantité produite par jour et par semaine est élevée. Le "garba" est le moins cher des types d'attiéké étudiés. Il semblerait que la production d'un tel attiéké soit lié à la demande grandissante et le coût relativement élevé des autres types d'attiéké. Trois raisons principales soutiennent cette consommation: le coût très bas, la grande quantité servie et surtout l'apport énergétique.

Si l'attiéké "agbodjama" est deux fois plus cher que l'attiéké "Garba", l'attiéké ordinaire est de façon générale une fois et demi plus cher que l'attiéké "vitesse". L'attiéké "agbodjama" Ebrié est plus cher que tous les types d'attiéké parce qu'il est spécial. Sa confection se fait une fois par semaine car elle nécessite beaucoup de temps à cause du soin qu'on y met et de l'intensité de l'effort fourni pour la granulation et le vannage. L'effet de colle (terme I2T) entre les grains est plus accentué dans le cas de l'attiéké habituel et commercial. Les prix d'attiéké proposés sur le marché d'Abidjan varient très souvent en fonction des saisons. En saison de pluie, il y a une hausse des prix liés en général à la difficulté de séchage qui a lieu au cours du procédé de fabrication. Il s'en suit une conséquence sur la qualité du produit qui contient beaucoup de fibres et qui peut être plus acide que d'ordinaire.

4.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES TYPES D'ATTIÉKÉ

4.2.1 INFLUENCE DE LA FERMENTATION SUR LA QUALITÉ DES DIFFÉRENTS TYPES D'ATTIÉKÉ

L'utilisation de la variété de manioc IAC utilisée dans la fabrication de l'attiéké dans ces trois régions a permis d'apprécier l'impact du ferment sur la qualité organoleptique des différents attiéké obtenus. Les analyses physicochimiques confirment les dires des productrices. Quel que soit les différents attiéké (ébrié, adjoukrou, alladjan et garba), on note la présence de l'acide lactique et de l'acide acétique, qui influent sur le goût acidulé et surtout l'arôme de l'attiéké. Les taux d'acide lactique et d'acide acétique obtenus dans les attiéké traditionnels et le garba (attiéké commercial) sont relativement bas mais indiquent que la fermentation est de type hétérolactique et cela est dû à l'action du ferment de manioc traditionnel au cours de la fermentation du manioc frais. En effet, l'activité fermentaire des bactéries lactiques présentes dans le milieu de fermentation aboutit à la libération des acides lactique et acétique dans le milieu et dans une moindre mesure, de l'éthanol, imposant ainsi un pH acide au milieu manioc [4], [40]. On note par ailleurs que la somme de l'acide lactique et de l'acide acétique correspond au taux d'acidité titrable mesuré que ce soit pour le ferment ou pour les attiéké. Le taux très bas de l'acide acétique peut s'expliquer par son caractère volatile qui est provoqué par le séchage et la cuisson à la vapeur au cours du procédé de fabrication de l'attiéké.

On peut également noter que le pH de l'attiéké garba est le moins acide. Cela peut se comprendre par le fait que la fermentation n'est pas complète donc en dessous du temps règlementaire (12h-15h pour l'attiéké traditionnel).

L'analyse de variance montre également une différence significative entre le garba et les autres types d'attieké. Ce qui justifie la courte durée de conservation du garba à cause de son caractère moins acide. Cet attiéké est plus exposé à la multiplication de microrganismes pathogènes et d'altération. Ceci est d'autant plus facilité que le taux d'humidité de l'attiéké garba est élevé de l'ordre de 52,589% par rapport aux autres types d'attiéké.

Le taux d'amidon de l'attiéké ébrié agbodjama est plus élevé que dans le cas de tous les autres attiéké produit parce que les productrices prennent le temps de fabriquer les grains, les grossir, les arrondir et les durcir. C'est un attiéké spécial pour les cérémonies et débarrassé dans la mesure du possible de toutes impuretés (fibres surtout). L'attiéké ébrié n'tonié même s'il subit le même traitement, a des grains plus petits. Dans ce cas son taux d'amidon se rapproche plus des attiéké ébrié naturel, adjoukrou et alladjan.

Toutefois, la présence dans l'attiéké d'uune quantité encore élevée d'amidon est due au fait que ce composé ne serait pas totalement libéré et perdu lors de la fermentation [41] au cours de l'étape de pressage du procédé de fabrication de l'attiéké et autres produits fermentés du manioc (gari), des pertes au niveau de l'amidon et autres composés minéraux sont également observées [42]. Cette réalité peut expliquer aussi la diminution du taux de l'amidon et autres constituants minéraux dans l'attiéké. Ce qui justifie le faible taux de protéines et de cendres.

Les taux de sucres totaux et réducteurs sont bas mais sont plus élevés dans l'attiéké issu d'une pâte bien fermentée. Ce qui peut expliquer leur taux plus bas dans le cas du garba qui provient d'une fermentation écourtée. Cette mauvaise fermentation peut être à l'origine du taux de cyanure élevé (en moyenne 12 g/100g MS) dans l'attieké garba. En effet, la dégradation tissulaire de l'amidon au cours de la fermentation permet également un contact facile entre les linamarases et les glucosides cyanogénétiques [15], contribuant ainsi à la détoxication de la variété amère de manioc (contenant une grande quantité de glucosides cyanogéniques). Cette quantité du cyanure au niveau du garba peut être problématique pour le consommateur régulier qui consomme le garba au moins deux fois par jour. Par contre le taux de cyanure est relativement bas dans les autres types d'attiéké variant de 2 à 5 g/100g MS. En effet, le cyanure libéré par les linamarases est éliminé sous forme soluble ou volatile au cours du pressage de la pâte fermentée de manioc du séchage et de la cuisson à la vapeur des grains séchés [3].

Le taux élevé de fibres de l'attiéké garba est justifié par la suppression de l'étape de vannage qui est une obligation dans le cadre de la production des autres attiéké.

4.2.2 INFLUENCE DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DE L'ATTIÉKÉ SUR LE RENDEMENT DE PRODUCTION DES 4 TYPES D'ATTIÉKÉ

Plusieurs facteurs influencent le rendement de l'attiéké au cours de la production. Il y a des pertes qui s'observent tout le long du procédé de fabrication et qui varient en fonction de l'étape. Parmi celles qui ont le plus d'impact, on peut citer l'épluchage et le concassage, le broyage, le pressage et le vannage [42]**.** Les résultats obtenus indiquent que les pertes s'élèvent à 66,17% pour l'attiéké ébrié, 67,58% pour l'attiéké adjoukrou, 68,07% pour l'attiéké alladjan et 61,93% pour l'attiéké garba. En termes de rendement, l'attiéké garba (environ 34 %) apparaît plus rentable puisque de nombreuses pertes sont minimisées dans la mesure du possible.

Le rendement peut être également lié à la variété de manioc, donc à la quantité de matière utile. En effet, plus la matière sèche est élevée dans la variété de manioc, plus la variété aura tendance à donner beaucoup d'attiéké. Selon Sylvestre [43], le principal critère de choix d'une variété est évidemment sa productivité en matière sèche ou en amidon. A cela s'ajoute l'âge de récolte qui peut aussi influencer le rendement de transformation. Cela peut expliquer les rendements (compris entre 31,93 à 38,07%) que nous avons obtenus de façon générale pour la variété IAC très prisée des productrices d'attiéké de ses trois zones de production.

Il faut aussi savoir que la qualité de la matière première (racine de manioc) influence énormément la qualité du produit fini (attiéké) et donc le rendement. Selon Nout et al. [39], la qualité et la salubrité des matières premières sont d'une grande importance. Quant à Avouampo et al. [44], ils affirment que le rendement de la transformation des racines de manioc en produits finis et la qualité de ces derniers dépendent de nombreux facteurs dont l'origine variétale. La réponse à ces questions de rendement peut être également trouvée dans les caractéristiques intrinsèques de la variété IAC comme le pouvoir de gonflement de l'amidon ou tout simplement la nature de l'amidon de la variété ou encore, le comportement de la variété vis-à-vis à de l'humidité et de son environnement.

5 CONCLUSION

L'attiéké est un aliment qui désormais fait partie des habitudes alimentaires des populations ivoiriennes. Les enquêtes menées sur sa production révèlent que le ferment de manioc se prépare de façon identique dans toutes les trois régions visitées. Pour les productrices, la variété de manioc n'a pas d'importance dans la préparation d'un bon ferment. Ce ferment a un impact déterminant sur la fermentation de la pâte fraîche de manioc pour la production des trois types d'attiéké (Ebrié, Adjoukrou, Alladjan). Il allège la pâte, lui conférant une meilleure aptitude à la formation grains de semoules d'attiéké. Il impose également à l'attiéké son goût et son odeur caractéristiques désirés. Pour les productrices, fabriquer un bon produit attiéké s'accompagne nécessairement de l'expression perceptible de certains attributs de qualité du produit. Un bon attiéké a un goût légèrement acidulé et sucré, une odeur et un arôme très caractéristiques de manioc fermenté jugés agréables, une durée de vie d'une semaine (et quelquefois au-delà d'une semaine), une couleur éclatante allant du blanc-cassé au jaune-claire (ou crème), un caractère spongieux exprimant ainsi une texture cohésive et élastique de l'attiéké. La texture ferme et granuleuse de l'attiéké est appréciée au cours de la mise en bouche. L'attiéké Garba ne répond à ces caractéristiques et pourraient présenter un risque pour les consommateurs. Des opérations futures pourraient être menées pour arriver à réduire la présence du cyanure contenu dans l'attiéké "Garba".

La maîtrise de certains facteurs externes (l'environnement immédiat de travail, la température, l'humidité, les saisons, etc.) peut permettre d'améliorer la qualité de l'attiéké. Les bonnes techniques de conservation et de manipulation peuvent empêcher la recontamination (lors du transport et de la vente) et la dénaturation de l'attiéké.

Le prix de l'attiéké pourrait être revu à la baisse si les conditions de travail des productrices sont améliorées et cela éviterait par la même occasion d'écourter le procédé de fabrication par les productrices non expérimentées et d'exposer les populations à des risques de toxicité et de contamination.

RECONNAISSANCE

Les auteurs remercient le Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, l'Institut des Sciences Alimentaires de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (Suisse), le Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire et International Foundation in Science (IFS) pour leurs appuis technique et financier dans la réalisation de ce travail.

REFERENCES

[1] FAO (2018) http://www.fao.org/cote-divoire/actualites/detail-events/fr/c/1112318/
[2] Manioc- production http://kko-international.com/manioc/
[3] J. B. Assanvo, Evaluation des qualités de l'attiéké traditionnel ivoirien: Enquêtes sur la production et la consommation, caractérisations physicochimiques, microbiologiques et sensorielles de quatre variétés de manioc (IAC, BONOUA, OLEKANGA et TMS 4(2)1425). Thèse Unique de doctorat, option: Biotechnologie et sciences des Aliments, Université de Cocody, UFR Biosciences, Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2008.
[4] J. B Assanvo, N. G. Agbo, Y. E. N. Behi, P. Coulin and Z. Farah, Microflora of traditional starter made from cassava for "attiéké" production. *Food Control*, vol 17, pp. 37-41, 2006.
[5] Diop A. L'attiéké dans la région d'Abidjan: Analyse économique de la filière traditionnelle à travers quelques types d'organisation (Adjoukrou, Ebrié, Attié…). Thèse de troisième cycle en Economie rurale, Faculté des Sciences Economiques, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Centre Ivoririen de Recherches Economiques et Sociales (CIRES), 1992.
[6] N. A. Kouadio, K. E. Kouakou, S. F. Angbo et K. Mosso, Etude comparative des méthodes traditionnelles de préparation de l'attiéké dans le sud de la Côte d'Ivoire. *Cahier Scientifique et Technique*, vol 108, pp. 703-706, 1991.
[7] J. B. Assanvo, N. G. Agbo, Y. E. N. Behi, P. Coulin et Z. Farah, La microflore du ferment de manioc pour la production de l'attiéké adjourkou à Dabou (CÔTE D'IVOIRE). *Bloterre*, pp. 286-299, 2002.
[8] Heuberger C. Cyanide content of cassava and fermented products with focus on attiéké and attiéké "garba". Dissertation ETH Nº 16247. Zurcih: Swiss Federal Institute of Technology, 2005.
[9] P. Coulin, Z. Farah, J. Assanvo, H. Spillmann, and Z. Puhan, Characterisation of microflora of attiéké, a fermented cassava product, during traditional small-scale preparation. *International Journal of Food Microbiology*, vol 106, pp. 131-136, 2006.
[10] Kastner, S., Tschannen, A., Assanvo, J., Agbo, G. N., Farah, Z., and Lacroix, C. Microbes in cassava fermentation - towards the improvement of attiéké quality and safety. In *Proceedings of international workshop: Potential of cassava (manihot esculenta Crantz) processing in West Africa.* Abidjan, Cote d'Ivoire. pp. 248-251, 2007.
[11] G-B. A. A. Gnagne, E. K. Koffi, J. B. Assanvo, et S. Soro, Influences de la congélation et du séchage de l'attiéké sur ses caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques. *International Journal of Biological and Chemical Science*, vol 10, n° 2, pp. 808-819, 2016.
[12] J. B. Assanvo, G .N. Agbo, P. Coulin, V. Monsan, C. Heuberger, S. Kati-Coulibaly, and Z. Farah, Influence of microbiological and chemical quality of traditional starter made from cassava on "attiéké" produced from four cassava varieties. *Food Control*, vol 78C, pp. 286-296, 2017.
[13] J.-P. Melcion La granulométrie de l'aliment: Principe, mesure et obtention. *INRA Production Animale*, vol 13, n°2, pp. 81-97, 2000.
[14] AOAC, Official Methods of Analysis, 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC (USA). 1984.
[15] W. K. A. Amoa-Awua, F. E. Appoh, and M. Jakobsen Lactic acid fermentation of cassava dough into agbelima. *International Journal of Food Microbiology,* vol 31, pp. 87-98, 1996.
[16] N. G. Agbo, M. Uebrsax, G. Hosfield, An efficient extraction technique of sugars from dry edible be vulgaris and estimation an HPLC. *Université Nationale de Côte d'Ivoire Annales Série c. (sciences)*, tome XXI, pp. 10. 1985.
[17] M. Dubois, K. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith, Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, Vol 28, pp. 350-356, 1956.
[18] P. Bernfeld, Enzymes of starch degradation and synthesis. *Advances in Enzymology and Related Subjects of Biochemistry,* vol 12, pp. 379-428, 1951.

[19] M. G. Bradbury, S. V. Egan, J. H. Bradbury, Determination of all forms of cyanogens in cassava roots and cassava products using picrate paper kits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol 79, pp. 593-601, 1999.
[20] Service fédéral de l'hygiène publique; Suisse. Conseil fédéral; Commission du Manuel Suisse des Denrées Alimentaires. Manuel suisse des denrées alimentaires: méthodes pour l'analyse et l'appréciation des denrées alimentaires et des objets usuels. 5ème éd. Berne: EDMZ, 1994.
[21] AOAC, Official Methods of Analysis, 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC (USA), 1990. Available on: https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf
[22] AOAC. Official methods of analysis 16th Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA. 1995.
[23] J. Fortin, G. Desmarais, O. Assovie, et M. Diallo, L'*attiéké*, couscous de la Côte d'Ivoire. *Le Monde alimentaire,* vol 2, pp. 22-24, 1998.
[24] J. C. Piard and M. J. Desmazeaud, Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria.1. Oxygen metabolites and catabolism end products. *Lait*, vol 71, pp. 525-541, 1991.
[25] J. C. Piard, and M. J. Desmazeaud, Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria.2. Bacteriocins and other antibacterial substances, *Lait*, vol 72, pp. 113-142, 1992.
[26] Mescle J. F., Zucca J. Les facteurs du développement *In Microbiologie Alimentaire, tome 1: Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments*. Coordonnateurs: C. M. Bourgeois, J. F. Mescle, J. Zucca, Techniques et Documentation, 2ème édition, Lavoisier, Paris, 1996.
[27] (2005)**-** Intérêt de la fermentation, *Mansion N., Rapport INRA, mission communication*
[28] M. D. Barrett, D. C. Hill, J. C. Alexander and A. Zitnak, Fate of orally dosed linamarin in the rat. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology,* vol 55, pp. 134-136, 1977.
[29] Oke, O. L. Elimination cyanogens from cassava through processing: Technology and tradition. *In: International Workshop on cassava safety of International Society for Horticultural Science. Nº 375. March 1-4,* Ibadan, Nigeria, 1994.
[30] Banea, M., Poulter, N. H., et Rosling, H., (1995) **-** Modifications des procédés traditionnels de transformation du manioc et risque d'exposition au cyanure au Zaïre. *In*: *Transformation Alimentaire du Manioc, Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S. (éd) O, Editions ORSTOM,* 1995.
[31] (2008) - Le manioc devient une culture industrielle d'exportation. *Synopsis du document audio n°34, langue: Français, Intervenant: Dr Alfred Dixon, Réalisateur-présentateur: Emmanuel S. TACHIN, Communication Office, IITA (Institut International d'Agriculture Tropicale,* www.iita.org*), Ibadan, Nigéria, Février,* 2008.
[32] E.M. Obilie, K. Tano-Debrah, and W.K. Amoa-Awua, Souring and reduction of cyanogenic glycosides during the processing of cassava into akyeke in Ghana. *International Journal of Food Microbiology*, vol 93, pp. 115-121, 2004.
[33] Sotomey M., Ategbo E.-A., Mitchikpe E., Gutierrez M.-L., et Nago M. C. L'*attiéké* au Bénin. Innovations et diffusion de produits alimentaires en Afrique. CERNA, CNEARC, CIRAD, France 2001.
[34] Esser A. J. A., and Nout M. J. R. The safety of dark, moulded cassava flour compared with withe - A comparison of traditionally dried cassava pieces in North East Mozambique. *Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.*. 7-10, 1989.
[35] The BASICS 6/http://www.eufic.org/index/fr/ (2006)
[36] Spinnler H. E. et Desmazeaud M. La maîtrise de flaveurs *In* Microbiologie Alimentaire: Aliments fermentés et fermentations alimentaires. Coordonnateurs: C. M. Bourgeois, J. P. Larpent**,** Techniques et documentation, 2ème édition, Lavoisier, Paris, 1996.
[37] Doleyres Y. Production en continu de ferments lactiques probiotiques par la technologie des cellules immobilisées. Thèse de doctorat, Département des sciences des aliments et de nutrition, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, QUÉBEC. 2003 148 p.
[38] S. A. Ceram, et V. Maille, L'influence des odeurs sur le consommateur : la tendance à la recherche des sensations et au comportement exploratoire comme variable modératrice. *Revue française du marketing,* vol 194, n° 4/5, pp. 49-61, 2003.
[39] Nout R., Hounhouigan J. D., et Boekel T. V. Les Aliments, Transformation, Conservation et Qualité. Backhuys Publishers and CTA, Wageningen, Pays-Bas, 2003.
[40] W. O. Ellis, N. T. Dziedzoave, K. Boakye, B. K. Simpson, J. P. Smith, Effect of cassava variety and processing methods on the performance of 'Kudeme' in Agbelima Production. *Food Control*, vol 8, pp. 199-204, 1997.
[41] Jones W. O. and Akinrele I. A., - Improvement of cassava processing and marketing. National Accelerated Food Production Program, Recommendation and report, IITA, Nigeria, 53p. 1976.
[42] Nago, C. M., La préparation artisanale du gari au Benin: Aspects technologiques et physico-chimiques (Artisanal gari production in Benin. Technological and physico-chemical aspects) *In:* Transformation Alimentaire du Manioc, Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S. (éd), Editions ORSTOM, pp. 475-493, 1995.
[43] Sylvestre, P., Le manioc (Manuel pratique de la culture du manioc). *In* Le Technicien d'Agriculture Tropical, tome 6. Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT), Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA, Wageningen), Editions Maisonneuve et Larose, Paris*,* 1987.

[44] Avouampo, E., Gallon, G., Treche, S., Influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur l'aptitude à la transformation des racines. In: Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S., éd.: Transformation Alimentaire du Manioc, Editions ORSTOM, pp. 429-447, 1995.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1134-1146
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude des caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques du pétiole du rônier du Tchad

[Study of chemical, physical and mechanical characteristics of the petiole of Chadian palmyra]

NGARGUEUDEDJIM KIMTANGAR[1], Djidengar Lazare[1-2], DEUDJONBE Baruc[1-2], GUY EDGARD NTAMACK[2], and NZIE Wolfgang[1]

[1]Laboratoire d'Etude et de Recherche en Techniques Industrielles (LERTI), Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djaména, Chad

[2]Group of Mechanics, Materials and Acoustics, Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Ngaoundéré B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2019 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 Palmyra petiole is the biovégétal material widely used in Chad for the artisanal manufacture of furniture and other works. The present study deals with the determination of its physical, chemical and mechanical characteristics. We carried out the chemical analyzes, the physical tests and the mechanical tests in three points flexion, in traction and in compression.
The results of our physicochemical analyzes and mechanical tests are satisfactory.
Its cellulose, lignin and hemicellulose contents obtained justify its resistance to physical and chemical degradation and its attack by termites.
The values of its mechanical characteristics obtained place it between the category D50 and D60 of hardwoods.
Those of its physical properties place it among the light woods.
This study, the first on the knowledge of the scientific and technical properties on Chad's petiole of palmyra, opens perspectives on a new field of study on the behaviour of this abundant natural raw material.

KEYWORDS: Petiole, palmyra, wood, physical characteristics, chemical characteristics, mechanical characteristics.

RÉSUMÉ: Le pétiole de rônier constitue le matériau biovégétal très utilisé au Tchad pour la fabrication artisanale des meubles et d'autres ouvrages. La présente étude porte sur la détermination de ses caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques.
Nous avons réalisé les analyses chimiques, les essais physiques et les essais mécaniques en flexion trois points, en traction et en compression.
Les résultats de nos analyses physicochimiques et des essais mécaniques sont satisfaisantes.
Ses teneurs en cellulose, en lignine et en hémicellulose obtenues justifient son caractère résistant aux dégradations physiques et chimiques, et à son attaque par les termites.
Les valeurs de ses caractéristiques mécaniques obtenues le situent entre la catégorie D50 et D60 des bois massifs feuillus.
Celles de ses propriétés physiques le situent parmi les bois légers.
Cette étude, la première sur la connaissance des propriétés scientifiques et techniques sur le pétiole de rônier du Tchad, ouvre des perspectives sur un nouveau champ d'étude sur le comportement de cette matière première naturelle abondante.

MOTS-CLEFS: Pétiole, rônier, bois, caractéristiques physiques, caractéristiques chimiques, caractéristiques mécaniques.

Corresponding Author: NGARGUEUDEDJIM KIMTANGAR

1 INTRODUCTION

La Problématique de notre étude est le manque des données scientifiques du pétiole de rônier du Tchad (**Photo.1**). Cette partie du rônier constitue un matériau naturel très utilisé comme poteaux de clôture des champs et des concessions. Le pétiole de rônier est également utilisé pour la fabrication des lits, des chaises (**Photo.2**) et d'autres meubles et ouvrages domestiques. Son utilisation actuelle se fait de manière empirique. C'est pourquoi cette étude est menée pour déterminer ses caractéristiques scientifiques en vue d'envisager son utilisation rationnelle et sa valorisation.

Les caractéristiques scientifiques déterminées dans ce travail sont les :

- Propriétés chimiques : les teneurs en cellulose, en lignine, en hémicellulose ;
- Caractéristiques physiques : la masse volumique, le taux d'humidité, le taux de la matière sèche, le taux du cendre, le retrait linéaire, le retrait volumique et le retrait radial ;
- Caractéristiques mécaniques : le module d'élasticité longitudinale et la contrainte maximale de rupture en flexion, en compression et en traction dans la direction des fibres.

Toutes les analyses et les essais sont réalisés dans les différents laboratoires de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

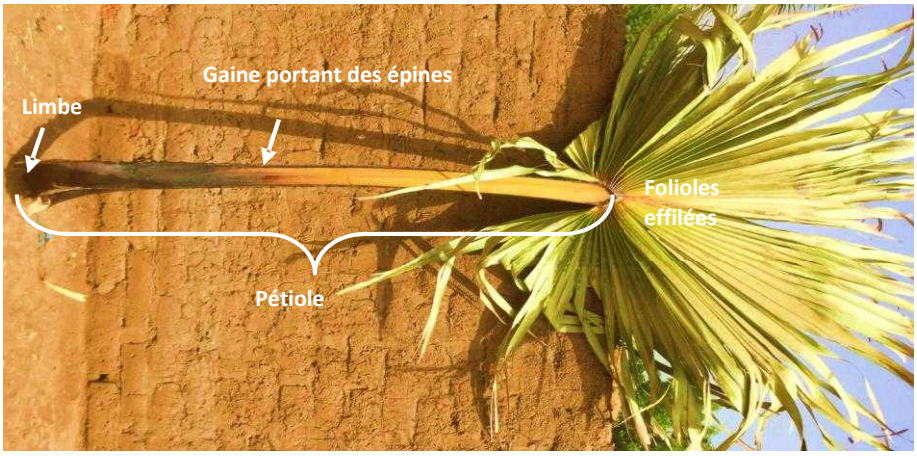


Fig. 1. Photo.1 : Pétiole du rônier et ses différentes parties

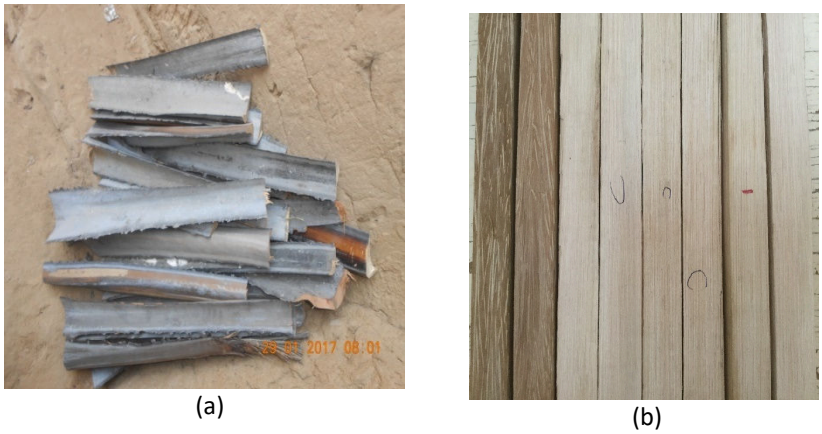


Photo.2 : Meubles fabriqués avec le pétiole du rônier. (a) : fauteil, (b) : tabouret.

2 MATÉRIAU DE L'ÉTUDE

Le matériau d'étude de notre travail est le pétiole du rônier âgé d'environ 30 ans. De longueur 150 à 220 cm (**Photo**.1) chez un rônier adulte, le pétiole est fendu à sa base sur environs 20 cm, formant le limbe. C'est par son limbe qu'il s'attache sur le tronc de son arbre. Relativement aplati sur sa face supérieure et convexe sur sa face inférieure, il est garni d'épines

irrégulièrement réparties sur une gaine le bordant. Ses échantillons sont prélevés à Koundoul, une localité située à 25 km au Sud de N'Djaména au Tchad.



(a) (b)

Photo.3 : Echantillons de pétiole brutes découpés (a), échantillons usinés après séchage (b).

3 MÉTHODOLOGIE

Pour avoir des échantillons représentatifs de l'ensemble, nous avons coupé vingt cinq (25) échantillons de pétioles sur des rôniers différents mais de même âge à peu près. Ces échantillons ont été séchés au soleil pendant un mois. Les parties du pétiole inutiles pour notre étude (épines, courbures) ont été enlevées dès son prélèvement sur le rônier. Les échantillons destinés aux essais mécaniques (**Photo.3b**) ont été usinés sur les machines-outils de l'atelier mécanique de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

3.1 DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU PÉTIOLE DE RÔNIER

Cette partie de l'étude porte sur la détermination des teneurs de la cellulose (C), de l'hémicellulose (HC), de la lignine (L) et des matières extractibles composées des minéraux, de l'amidon, des protéines.

Toutes les analyses chimiques sont réalisées au Laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

Les échantillons de pétiole du rônier ont été fendus en petits morceaux, concassés et pilés en poudre. Cette poutre est en suite tamisée avant les essais chimiques.

L'analyse chimique a commencé par l'extraction des matières extractibles contenues dans les échantillons de pétiole. Pour cela, nous avons traité 8g de la poudre de pétiole séchée dans 400 ml de mélange éthanol-toluène dans un erlenmeyer sous agitation et à reflux à 80°C pendant 8 heures.

La masse du résidu obtenu après filtrage et séchage dans une étuve à 100°C de la poudre traitée permet de déterminer le pourcentage W_3 des graisses et des cires en utilisant la formule (1).

$$W_3(\%) = 100(W_1 - W_2)/W_1 \quad (1)$$

W_1 et W_2 sont les masses des fibres avant et après le traitement.

DOSAGE DE LA LIGNINE (NORME TAPPI 222)

Pour la détermination de la teneur en lignine, un gramme (1g) du résidu provenant du traitement dans le mélange éthanol-toluène est traité par agitation dans une solution d'acide sulfurique à 75% pendant 2 heures. Après l'ajout de 500 ml d'eau, la solution est chauffée à ébullition et à reflux pendant 4 heures. Le résidu est en suite filtré et lavé avec 500 ml d'eau et séché dans l'étuve à 100°C puis pesé. La lignine étant insoluble dans l'acide sulfurique à 75 %, ce résidu est donc constitué essentiellement de la lignine (L) dont la teneur se calcule à l'aide de la formule (2).

$$L(\%) = K_2/(K_1(100 - W_3)) \quad (2)$$

K_1 et K_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après le traitement à l'acide sulfurique à 75%.

Quatre gramme (4g) du résidu dépourvu des graisses et de la cire sont traités dans le mélange de l'acide acétique glacial et d'hypochlorurie de sodium dans un bain d'eau maintenue à une température comprise entre 70°C à 80°C pendant 5h sous agitation. Le résidu obtenu après le lavage et le séchage est constitué de l'hollocellulose (HOC) qui est composé de la cellulose et de l'hémicellulose. Son pourcentage se calcule à l'aide de la formule (3).

$$HCO(\%) = N_2/(N_1(100 - W_3)) \quad (3)$$

N_1 et N_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après le traitement dans le mélange de l'acide acétique glacial et d'hypochlorurie de sodium.

DOSAGE DE LA CELLULOSE (NORME TAPPI T203 OM-4.5. 88)

Trois grammes (3g) d'hollocellulose séché sont traités successivement dans des solutions de soude à 17,5%, de soude à 8,3% et d'acide acétique à 10% pour la détermination de la teneur en cellulose. La masse du résidu obtenu après le filtrage et le lavage à l'eau permet de calculer la teneur en cellulose C(%) en utilisant la formule (4).

$$C(\%) = \frac{M_2}{M_1} W_3 \quad (4)$$

M_1 et M_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après ce dernier traitement.

Le taux de l'hémicellulose est déduit du taux d'hollocellulose et de cellulose en utilisant la formule (5) :

$$HC(\%) = HCO(\%) - C(\%) \quad (5)$$

3.2 DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU PÉTIOLE

On utilise la méthode de la déshydration pour déterminer le taux d'humidité. Après la pesée à l'aide de la balance électronique, le creuset contenant l'échantillon est maintenu dans l'étuve pendant 3 heures à la température constante de 103°C. L'ensemble (creuset et l'échantillon) refroidi est pesé toutes les quatre heures d'intervalle jusqu'à obtenir une variation de masse entre deux pesées successives inferieure ou égale à 0,5%. En suite, on pèse l'éprouvette anhydre à 0,5 % de sa masse après son refroidissement dans le dessiccateur. Cette pesée doit être effectuée rapidement afin d'éviter une reprise d'humidité supérieur à 1 %.

On calculer le taux d'humidité de l'éprouvette à l'aide de la formule (6).

$$H(\%) = 100(m_h - m_0)/m_0 \quad (6)$$

m_h et m_0 sont respectivement les masses en gramme du creuset contenant l'échantillon de l'éprouvette avant la déshydration et de l'éprouvette anhydre.

Par définition, la masse volumique (Kg/m^3) d'un échantillon est le rapport entre sa masse et son volumique à un taux d'humidité donné. C'est une propriété physique de base pour la qualification des bois. Elle a une influence sur la résistance mécanique du bois.

Les dimensions et la masse de l'échantillon mesurées dans le dessiccateur servent au calcul de sa masse volumique.

TAUX DE CENDRES (NORME TAPPI T 211 CM-4.6. 86)

Le taux de cendre est une propriété physique qui montre l'existence dans le bois des substances minérales tirées du sol par la plante. Le principe utilisé pour la détermination du taux de cendres est basé sur l'élimination des matières organiques dans l'échantillon du pétiole par calcination à température définie dans un temps donné. Les étapes de détermination du taux de cendre font référence à la norme NF B51-002 :

Le taux de cendre TC se calcule à l'aide de la formule (7).

$$TC(\%) = 100(m_1 - m_0)/m \quad (7)$$

m_0 : Masse en gramme du creuset vide ;
m_1 : Masse en gramme finale du creuset et du résidu ;
m : Masse en gramme du creuset et de l'échantillon avant la calcination.

La rétractabilité est la variation des dimensions de l'échantillon du pétiole suite à la variation de l'humidité dans l'échantillon. Elle s'obtient en faisant le rapport de la différence entre les dimensions de l'échantillon humide et les dimensions à l'état anhydre avec ses dimensions mesurées à l'état anhydre dans le dessiccateur.

La rétractabilité volumique B est donnée par la formule (8).

$$B(\%) = 100\ (V_h - V_s)/V_s \quad (8)$$

V_h, V_s sont respectivement les volumes de l'éprouvette à l'état humide et à l'état anhydre.

La rétractabilité longitudinale L est donnée par la formule (9).

$$L(\%) = 100\ (L_h - L_s)/L_s \quad (9)$$

L_h, L_s sont respectivement les longueurs de l'éprouvette à l'état humide et à l'état anhydre, mesurées dans le sens longitudinal des fibres.

La rétractabilité transversale T est donnée par la formule (10).

$$T(\%) = 100\,(T_h - T_s)/T_s \quad (10)$$

T_h, T_s sont les longueurs transversales de l'éprouvette à l'état humide et à état anhydre, mesurées dans le sens perpendiculaire à la direction des fibres.

3.3 ESSAIS MÉCANIQUES

Cette partie de l'étude porte sur la détermination du module d'élasticité longitudinale (module de Young) et de la résistance à la rupture du pétiole soumis aux essais de flexion trois points, de compression axiale et de traction axiale (dans la direction longitudinale des fibres).

Ces trois types d'essais mécaniques sont réalisés sur une machine universelle WP 300-20 (**Figure**.1) dont les caractéristiques sont :

Force maximale : 20KN,

Pression maximale du système hydraulique : 100 bars

Déplacement maximal : 50mm avec une précision de 0,01mm.

Cette machine est équipée d'un système d'acquisition des données connecté à un ordinateur et un pont d'extensométrie Modèle P3 (**Figure.1**).

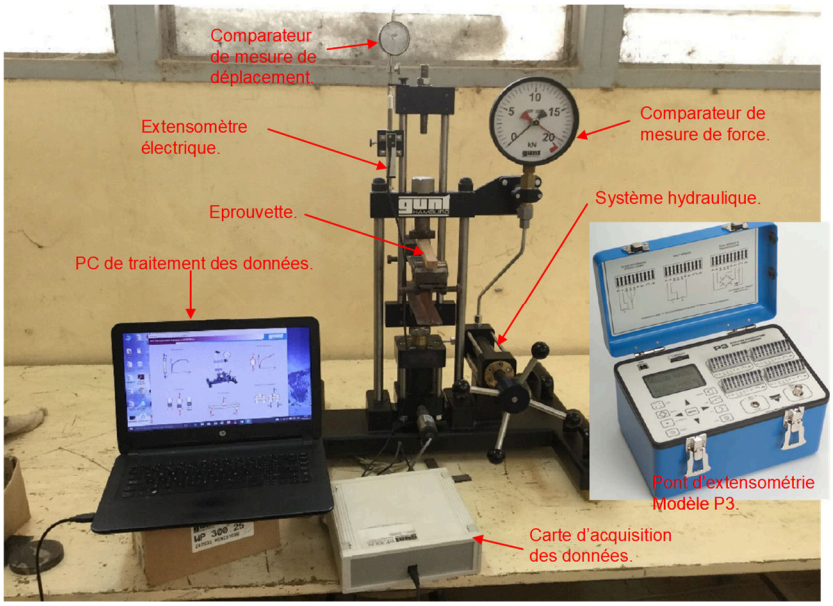


Figure.1 : Dispositif des essais mécaniques.

ESSAIS DE FLEXION TROIS POINTS

Les essais de flexion 3 points réalisés consistent à appliquer une charge progressive (par pas de 0,5 KN) sur les éprouvettes de dimensions 20x15x340 (mm) en un point du plan passant par le milieu de la distance séparant leurs deux appuis jusqu'à leurs ruptures. La distance entre les deux appuis est de 280mm.

Les forces et les déplacements sont enregistrés automatiquement dans l'ordinateur qui trace et affiche en temps réel à l'écran la courbe flèche – force grâce à un système d'acquisition et un pilote de traitement des données.

Pour réaliser ces essais de flexion trois points, nous avons supposé que les poutres du pétiole sont rectilignes, de poids négligeable devant la charge appliquée, homogènes du point de vue macroscopique, parfaites (sans défauts tels que les nœuds, les blessures).

La contrainte de rupture de l'échantillon de pétiole est donnée par :

$$\sigma_r = \frac{3PL}{2bh^3} \quad (11)$$

Où P est la charge maximale appliquée.

L est la distance entre les deux d'appuis.

b et h sont respectivement la largeur et l'épaisseur de l'éprouvette.

La flèche maximale de l'éprouvette est donnée par la formule (12).

$$f_{max} = \frac{PL^3}{4Ebh^3} \quad (12)$$

Le module de Young se calcule à l'aide de la formule (13) :

$$E = \frac{PL^3}{4bh^3 f_{max}} \quad (13)$$

Pour tenir compte des recommandations des normes relatives aux bois d'œuvre en Europe **[1]**, la valeur du module de Young est calculée à un taux d'humidité de 12% en utilisant la relation (14).

$$E_{12} = E_H(1 - 0.015(H - 12)) \quad (14)$$

ESSAIS DE COMPRESSION

Les essais réalisés consistent à appliquer un effort de compression à un échantillon reposant sur une surface indéformable. Cette sollicitation provoque un écrasement de l'éprouvette.

Deux types d'éprouvettes sont testés :

Six (6) éprouvettes de dimensions moyennes 40x13,5x12,5 (mm), non équipées de jauges de déformation (**Figure.2a),** sont utilisées pour la détermination de la contrainte de rupture et du module de Young.

Deux autres éprouvettes de dimensions moyennes 39,34x18,2x15,3 (mm), équipées des jauges de déformation (**Figure.2b),** sont utilisées pour la détermination du module de Young.

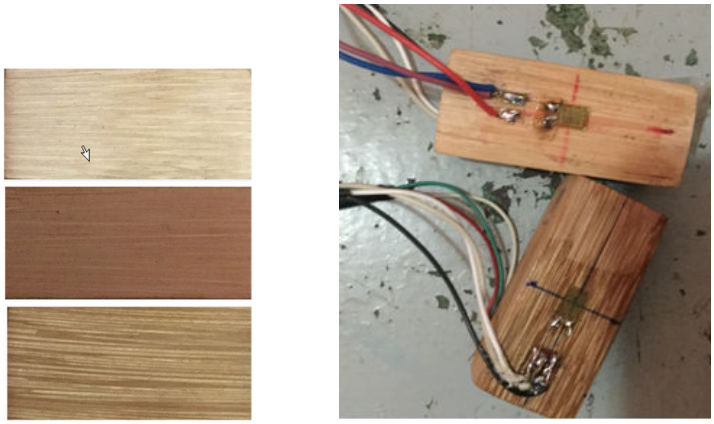


Figure.2 : Eprouvettes pour les essais de compression ; (a) : éprouvettes pour la détermination des contrainte de rupture ; (b) : éprouvettes équipées des jauges déformation pour la détermination du module de Young

Les contraintes et les déformations sont enregistrées automatiquement sur l'ordinateur grâce à un système d'acquisition des données dans le cas de la détermination de la contrainte de rupture des éprouvettes sans jauges de déformation. Elles sont simultanément enregistrées dans un pont d'extensométrie Modèle P3 dans le cas des éprouvettes équipées des jauges de déformation.

Les jauges de déformation utilisées ont un facteur de jauges K = 2.12 et une résistance R = 120Ω.

La contrainte maximale de compression σ_r(MPa) est calculée en utilisant la relation (15).

$$\sigma = F/A \quad (15)$$

Où F est la force maximale de compression en N, A est l'aire de la section initiale de l'échantillon en mm^2.

ESSAIS DE TRACTION

L'essai de traction est l'essai de caractérisation mécanique des matériaux le plus connu. Il permet de déterminer la résistance à la traction, le module d'élasticité longitudinale et l'allongement à la rupture du matériau de l'éprouvette.

Il consiste à provoquer l'allongement d'une éprouvette en appliquant une charge à ses deux extrémités en prises dans les mors de la machine de traction.

La résistance à la traction σ_r(MPa) est calculée à l'aide de la formule (16).

$$\sigma_r = F_{max}/A_0 \quad (16)$$

Les éprouvettes utilisées sont plates (**Figure.3**), de section 10x3 mm^2 et de longueur utile 45 mm.



Figure.3 : Géométrie de l'éprouvette de traction.

Les données des éprouvettes qui sont rompues en dehors de la zone de la longueur utile (partie centrale) ne sont pas prises en compte dans le traitement des résultats.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU PÉTIOLE

Le **tableau.1** donne la composition chimique du pétiole de rônier obtenue.

Tableau 1. composition chimique du pétiole obtenue.

Cellulose (%)	Lignine (%)	Hémicellulose (%)	Extractibles (%)
54,51	23	14,49	8,00

La teneur en cellulose (54,51%) est considérablement grande par rapport à la teneur en lignine (23%) et en hémicellulose (14,49%). Ce taux élevé de la cellulose va permettre aux pétioles de rônier d'être résistants à la dégradation physique et chimique.

La cellulose est l'élément essentiel de la combustion du bois.

La lignine, appelée la "colle" du bois, incruste et renforce les membranes cellulaires. Elle est comme un ciment entre les fibres du bois et comme élément rigidifiant à l'intérieur des fibres et permet à certains arbres d'atteindre une hauteur de plus de 100m **[1]**. La lignine protège la plante contre l'attaque des agents biologies (bactéries, champignon, termites) [2]. On constate que les pétioles de rônier sont moins attaqués par les insectes.

Les hémicelluloses sont des molécules plus petites et ramifiées. Elles assurent la liaison entre la lignine et la cellulose dans chacune des couches de la paroi cellulaire. Les hémicelluloses n'ont pas un rôle mécanique important mais leur faible teneur peut provoquer une plus grande accessibilité à la cellulose et augmente l'absorption d'eau mais aussi une diminution de la masse sèche **[3, 4]**.

Notons que les teneurs de ses composants chimiques sont inférieures à celles du rônier (**Tableau.2**).

Tableau 2. Composition chimiques du rônier [5, 6].

Origine du rônier	**Partie du bois**	**Cellulose (%)**	**Lignine (%)**	**Hémicellulose (%)**	**Extractibles (%)**
Houndouma **[5]**	Duramen	63,21	19,36	09,60	
	Aubier	61,89	19,68	11,32	
Malfana **[6]**	Duramen	65.66	23.66	9.33	1.33

4.2 RÉSULTATS DES ESSAIS DE CARACTÉRISATION PHYSIQUE DU PÉTIOLE DE RÔNIER

Le **tableau.3** montre que le pétiole de rônier est constitué essentiellement de la matière sèche (80,27%). Il s'en découle un taux d'humidité de 19,27%. La teneur en eau permet de situer l'idée sur le changement dimensionnel (retrait et gonflement), sur la masse volumique et sur les propriétés mécaniques du bois.

Tableau 3. Valeurs des caractéristiques physiques du pétiole.

Masse volumique MV(kg/m^3)	Taux d'humidité H(%)	Matière sèche (%)	Taux de cendre TC(%)	Retrait volumique **B**(%)	Retrait linéaire RL(%)	Retrait transversal RT(%)
526,73 ± 36.06	19,27	80,27	0,53 ± 0,1	10.01 ± 0.8	0,18 ± 0.2	3,51 ± 0,9

Cette faible valeur du taux d'humidité serait l'un des facteurs favorisant le non pourrissement du pétiole de rônier en présence des conditions environnementales naturelles.

Le taux de cendre dans le pétiole du rônier est de 0,53 ± 0,1%. Cette faible valeur du taux de cendre justifie le choix du pétiole de rônier par les ménages paysans du Tchad comme le meilleur combustible de cuisine.

La valeur moyenne de la masse volumique du pétiole du rônier déterminée à un taux d'humidité de 19,27% est de 526,73 kg/m^3. Selon les normes des bois (NF B 51 004, NF B 51 008), sa masse volumique à un taux d'humidité de 12% vaut 320kg/m^3. Par comparaison, il convient de dire que le pétiole de rônier à une masse volumique similaire à celle de bambou, de sapins ou de épicéa dont les masses volumiques sont comprises entre 300 et 400 kg/m^3 **[1]**.

La densité, paramètre très important, n'a pas d'effet significatif sur l'état mécanique des bois de ces espèces. La densité varie très faiblement dans les bois résineux, notamment pour les bois de pin maritime et de pin d'Alep **[7**].

Tableau 4. Propriétés physiques à 12% de taux d'humidité [8].

Partie du rônier	Masse volumique MV(kg/m^3)	Taux d'humidité H(%)	Matière sèche (%)	Taux de cendre TC(%)	Retrait volumique **B**(%)	Retrait linéaire RL(%)	Retrait transversal RT(%)
Duramen	894,40	15,86% ± 1,18		1,4% ± 0,004	6,05% ± 0,01	2,62% ± 0,31	0,57% ± 0,26
Aubier		44,56% ± 2,95		1,00% ± 0,004%			

Cette valeur de la masse volumique le situe dans la catégorie des bois très légers. Les valeurs de ses taux de retrait volumique, longitudinal et tangentiel le place dans la catégorie de retrait moyen [1, 9].

4.3 RÉSULTATS DES ESSAIS DE CARACTÉRISATION MÉCANIQUE

4.3.1 ESSAIS DE FLEXION 3 POINTS

La figure.4 donne l'évolution de la flèche en fonction de la force.

Les valeurs moyennes des contraintes de rupture et des modules de Young du pétiole de rônier obtenues par la méthode de moindre carré appliquée à chacune des six éprouvettes dans le domaine linéaire de la courbe flèche – Force, sont respectivement σ_r = 65,40 ± 13,95 MPa et E = 11410,47 ± 579,08 MPa à un taux d'humidité de 19,27%. Au taux d'humidité de 12%, le module de Young moyen vaut 10166,16 MPa. Ces valeurs sont inférieures à celles du rônier qui sont σ_r = 180.01 MPa et E = 15 044.87 MPa [10, 11].

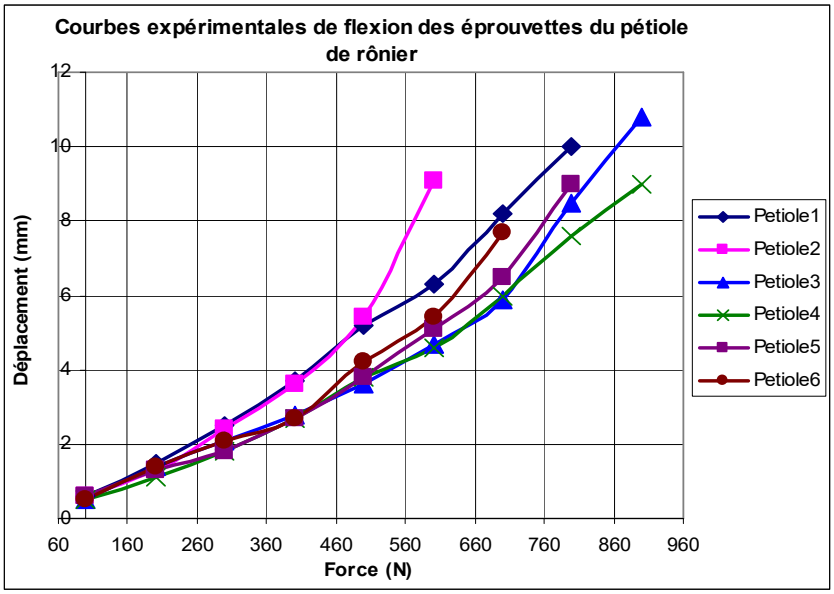


Figure.4 : Courbe d'évolution de la flèche en fonction de la force des éprouvettes soumises à la flexion 3 points.

4.3.2 ESSAI DE COMPRESSION

Les essais de compression ont été réalisés sur des éprouvettes ayant un taux d'humidité de 19,27%. Les valeurs des modules de Young seront ramenées à 12% du taux d'humidité. Les figures 5 et 6 donnent les courbes contraintes-déformations des éprouvettes du pétiole de rônier sollicitées en compression axiale.

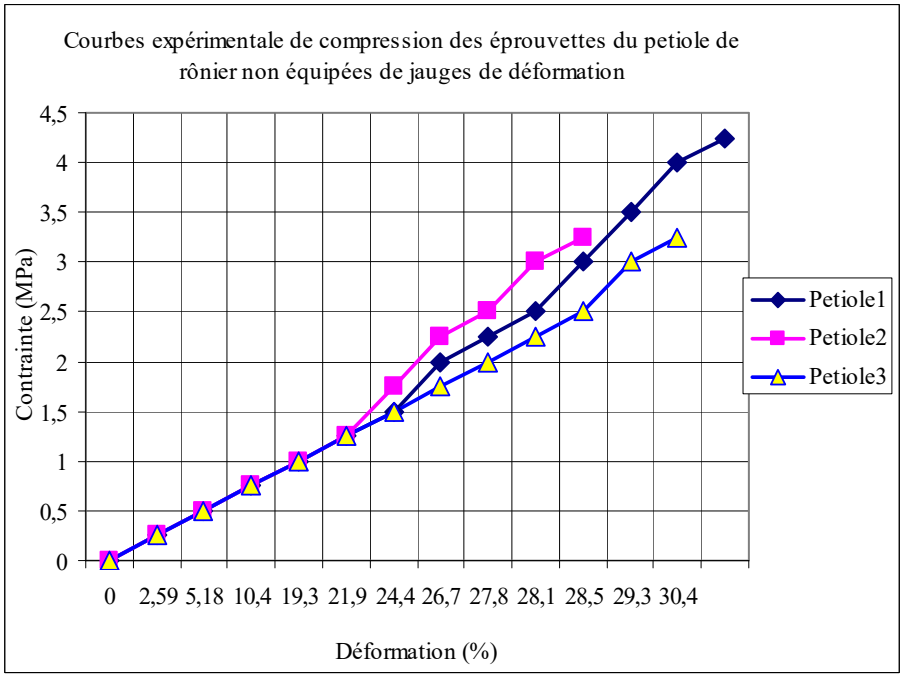
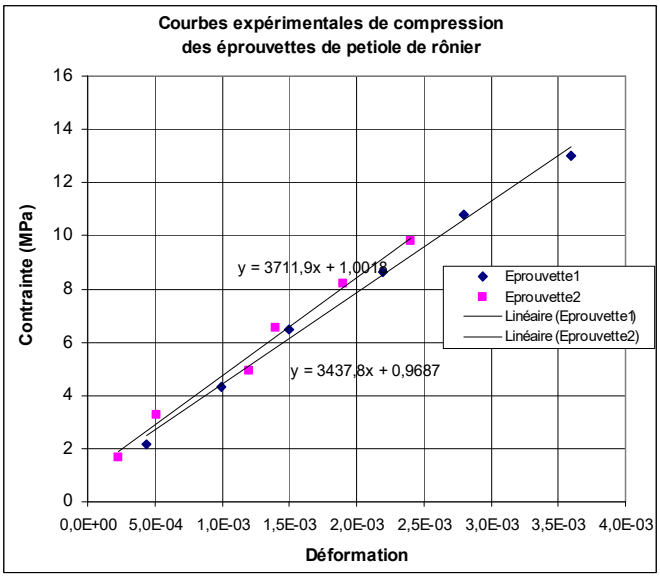
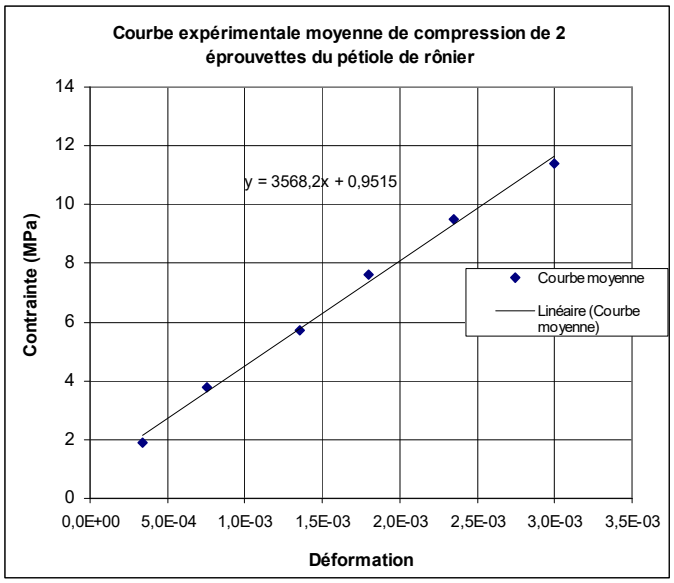


Figure.5 : Courbe contrainte-déformation obtenues avec les éprouvettes non équipées des jauges de déformation.



(a)



(b)

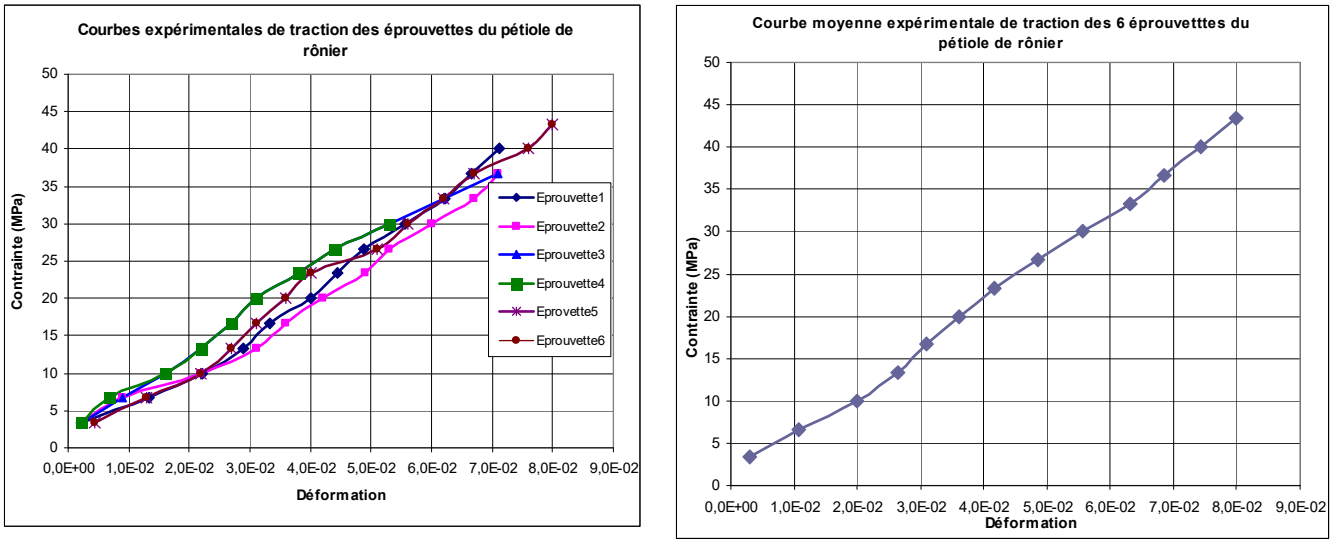
Figure.6 : Courbe contrainte-déformation obtenues avec les éprouvettes équipées des jauges de déformation.

La valeur moyenne du module de Young du pétiole de rônier obtenue avec les éprouvettes sans jauge de déformation vaut 1415,74 MPa. La valeur moyenne de sa contrainte de rupture obtenue avec ces éprouvettes est de 29,81 ± 3,17 MPa.

Le module moyen de Young du pétiole obtenu avec les éprouvettes équipées des jauges de déformation est de 3568,2 ± 651,07 MPa. On note un écart de 2152,46 MPa entre les valeurs du module de Young obtenues avec les deux méthodes. Cet écart met en évidence les erreurs que l'on commet dans les essais de compression en mesurant la déformation globale de l'éprouvette. En effet, la déformation globale est constituée en grande partie par l'écrasement des deux têtes de l'éprouvette. L'utilisation des jauges permet ainsi de ne mesurer que les déformations de l'éprouvette en éliminant l'écrasement des têtes.

4.3.3 ESSAI DE TRACTION

La figure.7 présente les courbes d'évolution de la contrainte en fonction de la déformation de chacune des six éprouvettes (a) et la courbe contrainte-déformations des valeurs moyennes relatives aux six éprouvettes (b).



(a) **(b)**

Figure.7 : Courbes contrainte-Déformation du pétiole de rônier. (a) : courbe d'évolution de la contrainte en fonction de la déformation pour chaque éprouvette ; (b) : courbe d'évolution de la contrainte moyenne en fonction de la déformation moyenne des six éprouvettes.

Nous obtenons une valeur des contraintes de rupture en traction dans la direction des fibres σ_r = 37,77 $\pm$ 5,69 MPa et une valeur du module d'élasticité longitudinal E = 1138,96 ± 66,16 MPa.

Les résultats des essais mécaniques montrent que le pétiole de rônier a des caractéristiques mécaniques en flexion supérieures à celles de la traction et de la compression respectivement. Ces résultats nous permettent d'affirmer que les hypothèses générales accordant un module d'élasticité équivalent en compression, traction et donc en flexion n'est pas valable pour les matériaux anisotropiques. En réalité, la résistance d u bois en flexion dépasse souvent la résistance en compression si le bois est de très bonne qualité.

5 CONCLUSION

Nous pouvons affirmer que l'objectif principal de notre étude qui est « la caractérisation chimique, physique et mécanique du pétiole de rônier » est atteint.

Les valeurs des propriétés que nous venons de déterminer sont satisfaisantes car elles nous permettent de classer le pétiole de rônier :

- Entre la catégorie D50 et D60 des bois massifs feuillus, en termes de contraintes caractéristiques.
- Parmi les bois légers en termes des caractéristiques physiques.
- Parmi les bois résistants à l'attaque des agents pathogènes et au pourrissement, et parmi les meilleurs combustibles organiques.

Le pétiole du rônier étant une ressource naturelle abondante et facilement reproductrice au Tchad, il est envisageable d'entreprendre une étude technico-économique en vue de sa valorisation en tant que matière première naturelle de fabrication des meubles et des objets de décoration dans les habitats modernes.

Son fort taux de matière sèche est un atout pour son utilisation comme matériau de pâte à papier.

REFERENCES

[1] J. Gérard et al. 1998 « Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains », Série FORAFRI 1998, 189 pages, document 11. Campus International de Bailla Guet, Montpelier France.

[2] DO THI VIVI « Matériaux composites fibres naturelles/ polymères biodégradables ou non ». Thèse de Doctorat, Université de GRENOBLE, 20 Juillet 2011.

[3] Letelier Maxime et Fleurent Didier Valérie. Caractérisation chimique, physique et mécanique de pieux anciens,. Projet de fin d'études - Ingénieur 3ème année de 2011 - 2012, 70p. Université de Lorrain**e.**
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php,
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm.

[4] UÇAR, G., YILGÖR, N. Chemical and technological properties of 300 years waterlogged wood (Abies bornmülleriana M.). Holz als Roh- und Werkstoff.1995, Vol.53, n°2, p.129-32.

[5] N. Kimtangar, N. NADJITONON, E. MBAYNGONGONE et R. AGNES « Caractérisation anatomique et chimique du rônier (borassus aethiopum Mart.) du Tchad/ Afrique centrale ». International Journal of Innovation and Scientific Research, IJISR-ISSR, Vol. 20 No. pp. 129-137,1 Jan. 2016. ISSN 2351-8014 http://www.ijisr.issr-journals.org/.

[6] Bianpambé Hinperé Wedjou « Caractérisation physico-chimique et mécanique du bois rônier (Borassus Aethiopum Mart) du Tchad ». Mémoire de Master, Université de Ngaoundéré, 2014.

[7] M. Meite, A. Laanaa, A. Famiri, A. Yeznasni, M. Chergui M., El Ghorba et M. Ziani, 2007. Etude de l'influence des propriétés physiques sur le comportement mécanique des bois de pin maritime et de pin d'alep en vue de l'application à l'énergie éolienne. Revue des Energies Renouvelables CER'07 Oujda 61 – 65.

[8] K. NGARGUEUDEDJIM, N. NGARMAIM, B. BASSA. N.ALLARABAYE, M. FOGUE « Caractérisation physique du bois de rônier (Borassus aethiopum Mart) du Tchad / Afrique centrale ». IJIAS-ISSR, pp 553-560, Novembre 2015. http://www.ijias.issr-journals.org/.

[9] Y. Carignan, J. Frappier, S. Gagnon, S. Gilbert « Guide technique sur la conception de poutres et colonnes en gros bois », cecobois 2015.

[10] NGARGUEUDEDJIM K.et *al.*, Mechanical Characteristics of Tall-Palm (Borassus aethiopum Mart., Arecaceae) of Chad / Central Africa. International Journal of Engineering and Technical Research (IJERT).ISSN: 2321-0869 (O) 2454-4698 (P), Volume-3, Issue-9, pp.125-128, September 2015. www.erpublication.org.

[11] NGARGUEUDEDJIM K, BIANPAMBE H. W., G.E. NTAMACK, S. CHARIF D'OUAZZANE and ANNOUAR D. M., Anisotropic behaviour of natural wood palmyra (Borassus aethiopum Mart.) of Chad. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 6, Issue 9, Sep 2015, pp. 102-111,
http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JTypeIJMET&VType=6&IType=9, ISSN Print: 0976-6340 and ISSN Online: 0976-6359.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1147-1158
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Comparative Study of Three Algorithms (MPPT) Applied to Photovoltaic Systems

Adel Soualmia and Rachid Chenni

University Constantine 1, Technology Faculty,
Department of Elecronic, MoDERNa Laboratory,
Constantine 25000, Algeria

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper attempts to study the behavior of different maximum power tracking (MPPT) applied to PV systems. The study includes discussion of three MPPT algorithms (the perturb and observation, incremental conductance, and first-order differential method), and performs comparative tests between them using actual irradiance. First, the PV system with storage battery is highlighted; the modeling and the simulation of the three techniques are carried out using Psim package.

KEYWORDS: MPPT; PV system; Perturb and observation; Incremental conductance; First-order differential.

1 INTRODUCTION

Renewable energies such as wind, solar, biomass and hydropower are promising solutions to compete with mass energies (fossil and nuclear energy). Unlike fossil fuels, renewable energies are energies with unlimited resources. Solar energy is an interesting energy: it is an abundant energy, clean and inexhaustible to use for different applications [1]. Solar energy can be directly converted into direct current (DC) electricity using a photovoltaic (PV) panel [2]. The characteristics of the PV panel (I-V and P-V curves) have a non-linear relationship with temperature and irradiance. However, on this characteristic curve Figure1, there is a single point where the entire system is able to operate with maximum efficiency. This point is called the maximum power point, and it requires calculations, monitoring, and control techniques to ensure that the PV system is operating at this unique point, in order to achieve the greatest harvesting power [3]. PV MPPT control methods have been widely studied by many specialists and have obtained such fruits as perturbation and observation algorithms (P & O), an incremental conductance algorithm and a first-order differential method ... etc. The MPPT technique not only reduces the power delivered by PV panels but also improves the life of the PV system. These techniques vary from one another in many aspects, including simplicity, the speed of convergence, the system stability, and popularity [4], [5].

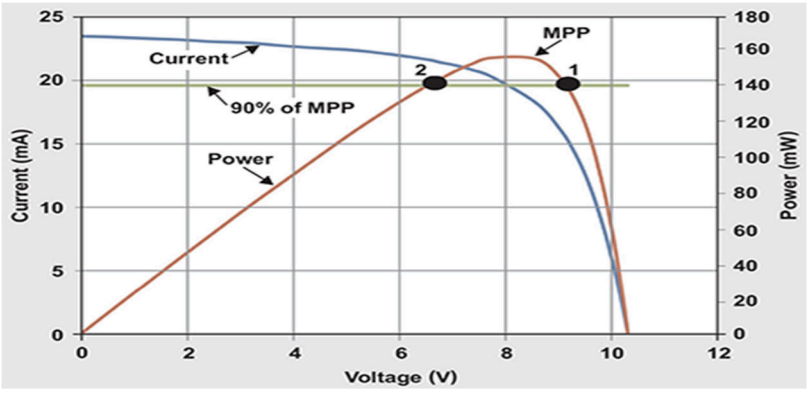


Fig. 1. PV panel Characteristics (I-V and P-V curves)

Corresponding Author: Adel Soualmia

2 MODELING OF THE PV SYSTEM

The PV System is considered as a photovoltaic generator coupled to a DC-DC step-down converter controlled by an MPPT device, making it possible to supply a storage battery with a direct current in a condition of reducing the influence of the radiation and temperature on the maximum peak Power (MPP). The system being modeled is represented in Figure 2, implemented in a Psim package, it consists of a PV generator supplying a storage battery with a step-down converter controlled by an MPPT algorithm, the control of charge allows supervising the state of charge (SOC) to avoiding the overcharge and over-discharge condition when the battery voltage reaches some critical values [6].

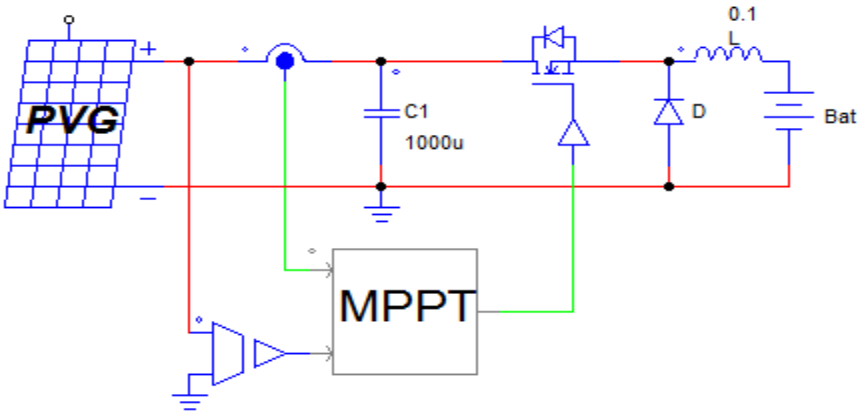


Fig. 2. Photovoltaic System with MPPT Controller

2.1 MODELING OF THE PV MODULE

A photovoltaic module is a device which converts the light into electricity directly using semiconducting materials that present the PV effect. The shape of the solar cell is defined as the device whose electrical distinctiveness, such as voltage, current and resistance vary when exposed to light [7][16]. Figure3 depicts the equivalent circuit of the solar cell. The working of solar cell based on semiconductor type requires minimum energy to excite electrons from valence band to conduction band which generates controllable current in the circuit. This model consists of series-parallel resistances, light generating source, and a diode. The mathematical expressions of the SPV cell are given by Eq. (1), (2) and (3).

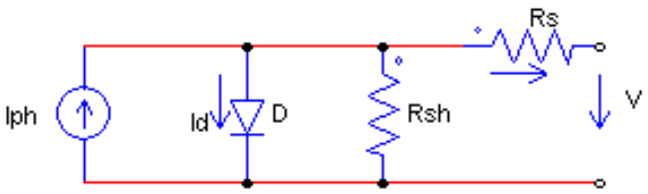


Fig. 3. Equivalent Circuit of a Solar Cell

where V is the output voltage, I is the current, T is the cell temperature (K), q is the electron charge, ki is the coefficient of short-circuiting temperature, S is the solar irradiance (W/m2), A is the ideality factor, kb and k are the Boltzmann's constant, Id is the PV saturation current, Iph is the load current, Iscr is the short-circuit current at reference condition, Tr is the reference temperature, Irr is the saturation current at Tr, Eg is the band-gap energy of the material, Q is the total electron charge [8].

$$I = I_{ph} - I_d \left[exp\left(\frac{qV}{K_b TA}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

$$I_{ph} = S[I_{scr} + K_i(T - T_r)] \quad (2)$$

$$I_d = I_{rr} \left[\frac{T}{T_r}\right]^3 exp\left(\frac{qE_g}{KQA}\left[\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T}\right]\right) \quad (3)$$

2.2 DC-DC BUCK CONVERTER

A buck converter is a DC-DC electronic device which steps down voltage from its input to its output. It is a class of switched-mode power supply typically containing at least two active elements a diode, and a MOSFET transistor which is a semiconductor device in mode (locked-saturated), and at least one energy storage element, a capacitor, inductor, or the two in combination [9]. For continuous conduction mode the output voltage of the converter varies linearly with the duty cycle for a given input voltage Eq4:

$$V_{out} = D * V_{in} \quad (4)$$

3 MPPT CONTROL TECHNIQUES

Many MPPT techniques have been developed to track the maximum power point, as like as perturb and observe, incremental conductance, and first-order differential. For comparison, we implemented some of the existing algorithms and analyzed the performance.

3.1 PERTURB AND OBSERVE METHOD

The operating principle of the P & O algorithm is presented in FIG. 4, the latter disrupts the duty cycle in order to modify the operating voltage, and then the modification of the operating power is observed. The next disturbance is made according to the observed value. This process drives the photovoltaic system to operate near MPP. However, steady state oscillations occur after the MPP is reached due to the continuous disturbance created by this technique to maintain the MPP. [10].Psim software package has been used to simulate this technique as demonstrated in figure 5[11].

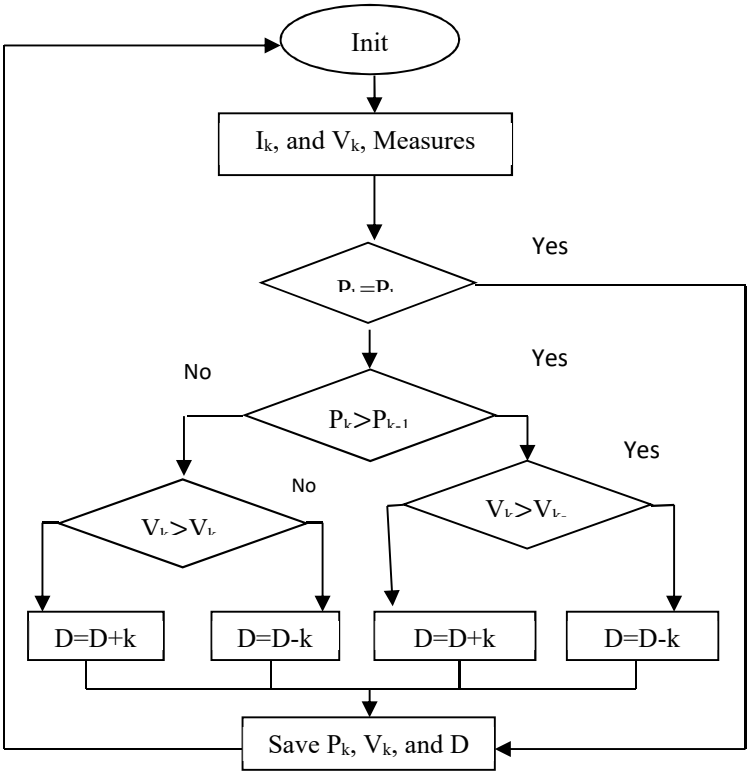


Fig. 4. Flowchart of Conventional P&O Technique

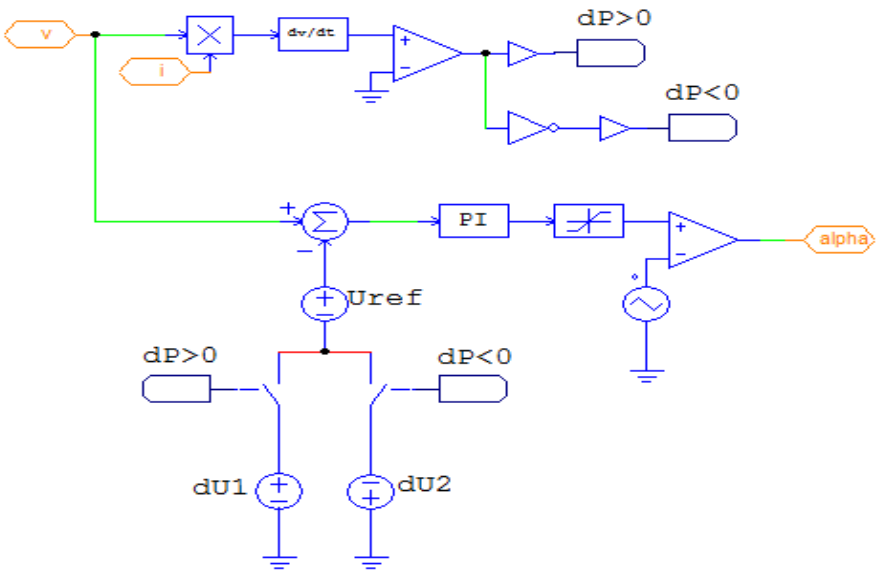


Fig. 5. Implementation of P&O Technique

3.2 INCREMENTAL CONDUCTANCE METHOD

Incremental conductance algorithm is largely used because of the high steady-state tracking accuracy and good adaptability to rapidly changing atmospheric conditions [11]. Incremental conductance was designed based on observation of the characteristic P-V curve. This algorithm was developed in 1993 and was intended to overcome some of the disadvantages of the P & O algorithm. IC attempts to enhance tracking time and produce more energy over a wide irradiation environment [12]. The MPP can be calculated using the relationship between dI/dV and –I/V. If dP / dV is negative then MPPT is located on the right side of the recent position and if the MPP is positive, the MPPT is on the left side [13]. The equation of IC algorithm is:

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(VI)}{dV} = I + \frac{dI}{dV} \quad (5)$$

MPP is reached when ($\frac{dP}{dV} = 0$) and

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \quad (6)$$

$$\frac{dP}{dV} > 0 \; then \; V_P < V_{MPP} \quad (7)$$

$$\frac{dP}{dV} = 0 \text{ then } V_P = V_{MPP} \quad (8)$$

$$\frac{dP}{dV} < 0 \; then \; V_P > V_{MPP} \quad (9)$$

If MPP is on the right side, dI / dV <-I / V, the PV voltage must be decreased to reach the MPP [14]. IC technique can be used for reaching the MPP, enhance the PV efficiency, decrease power loss and system cost [13]. Compared to P & O technique, the IC implementation on a microcontroller produces more stable performance [15]. The oscillation around MPP area also can be suppressed in trade-off with its implementation complexity. Figure 6 shows the Flowchart of the Incremental Conductance Algorithm. Figure7 depicts the implementation of IC MPPT technique under psim environment.

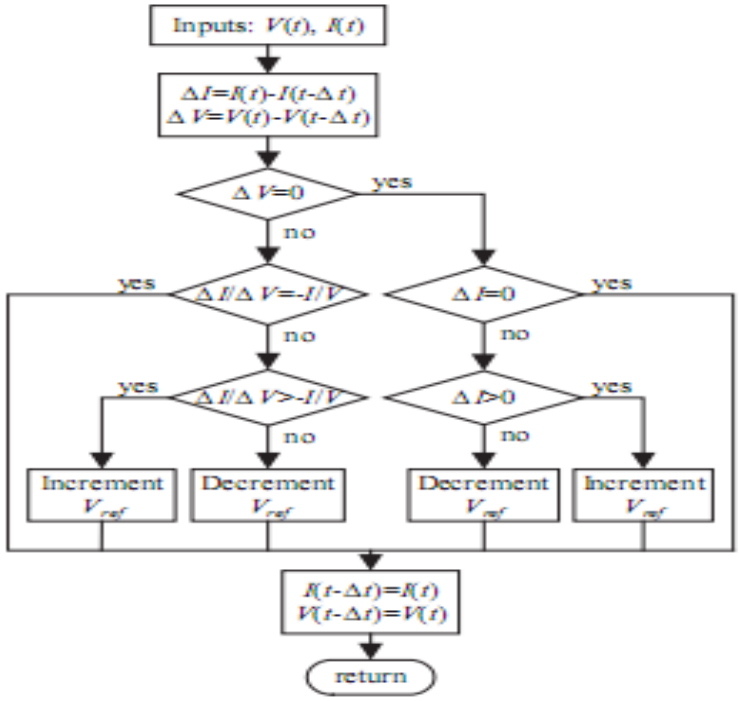


Fig. 6. Flowchart of the Incremental Conductance Technique

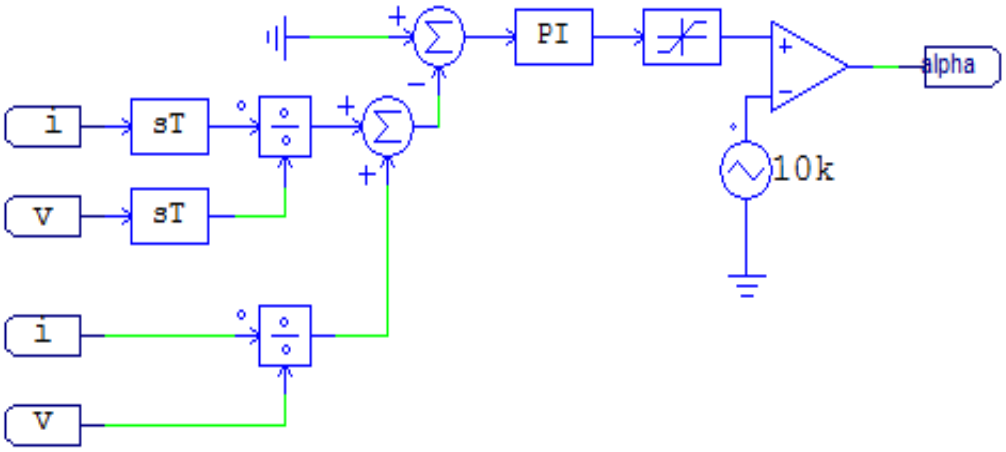


Fig. 7. Implementation of IC MPPT Technique

3.3 First-Order Differential Method

The first-order differential MPPT is very simple and depends on measuring the current and voltage at each time sample and calculating $(dP/\ dV)$ .When $(dP\ /dV) = 0$, it is the point of maximum power. The equations of FOD method are:

$$\frac{dP}{dV} = 0 \qquad (10)$$

$$\frac{d(V * I)}{dV} = 0 \qquad (11)$$

$$V * \frac{dI}{dV} + I = 0 \qquad (12)$$

We get

$$V * dI = -I * dV \qquad (13)$$

Psim software package has been used to simulate this technique as sketched in figure 8.

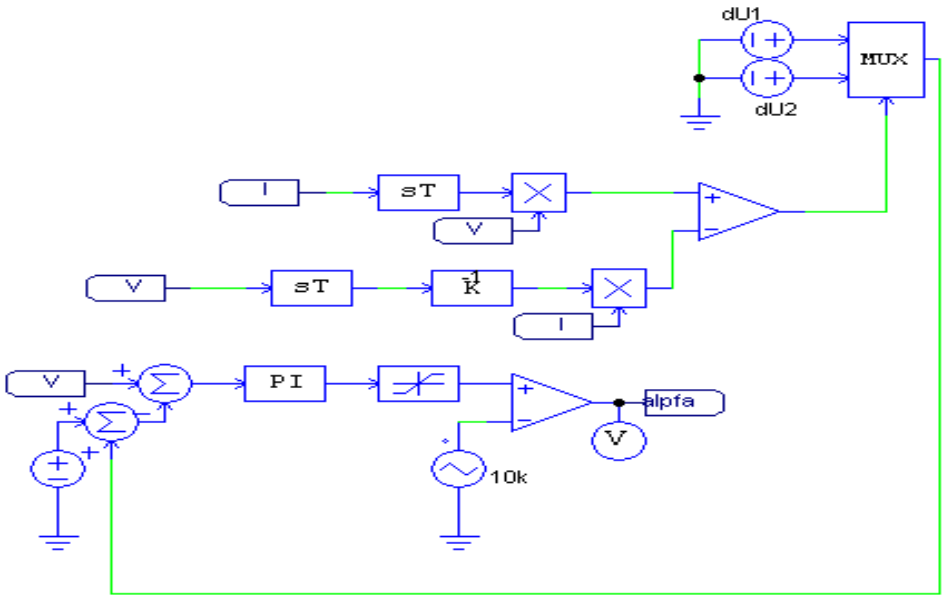


Fig. 8. Implementation of First-order Differential MPPT Technique

4 RESULTS AND SIMULATION

The three foregoing methods are implemented under PSim environment. After running various programs the results are as follows:

4.1 RESULTS OF THE P&O METHOD

The waveforms of irradiation, currents, voltages, extracted power, maximum theoretical power, and an average efficiency of the system using P&O technique are shown in figures 9, 10, 11, 12, and13 respectively.

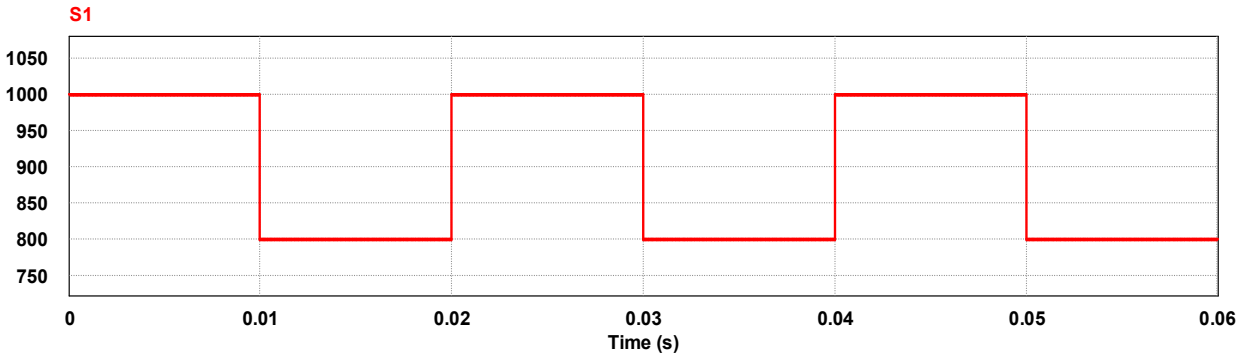


Fig. 9. Irradiance Profile (S1)

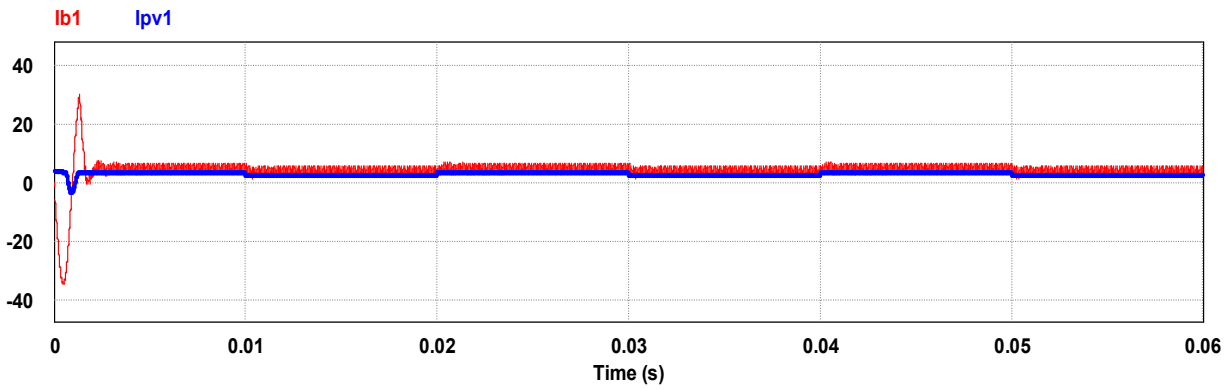


Fig. 10. Current Consumed by the Battery (Ib1), and Current Generated by PV Module (IPV1)

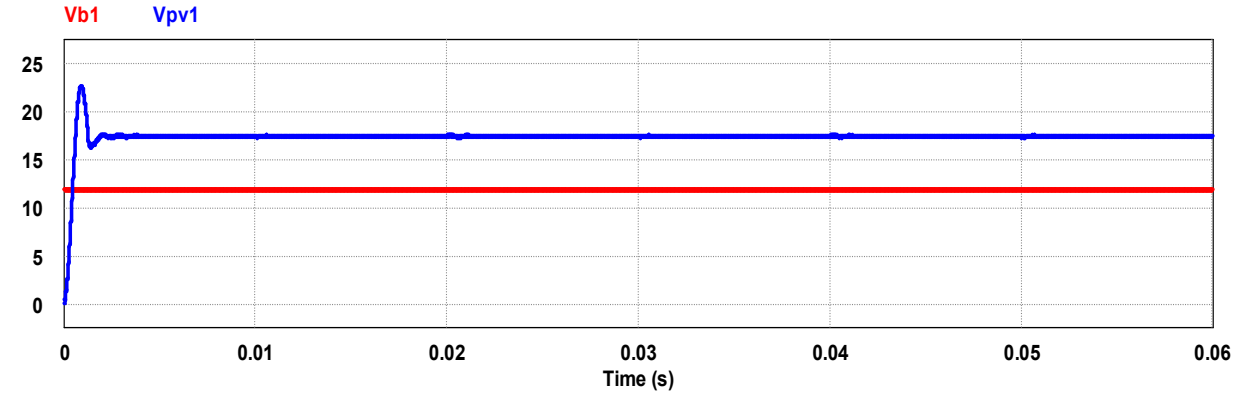


Fig. 11. Voltage of The Battery (Vb1) and Voltage of the PV Module (VPV1)

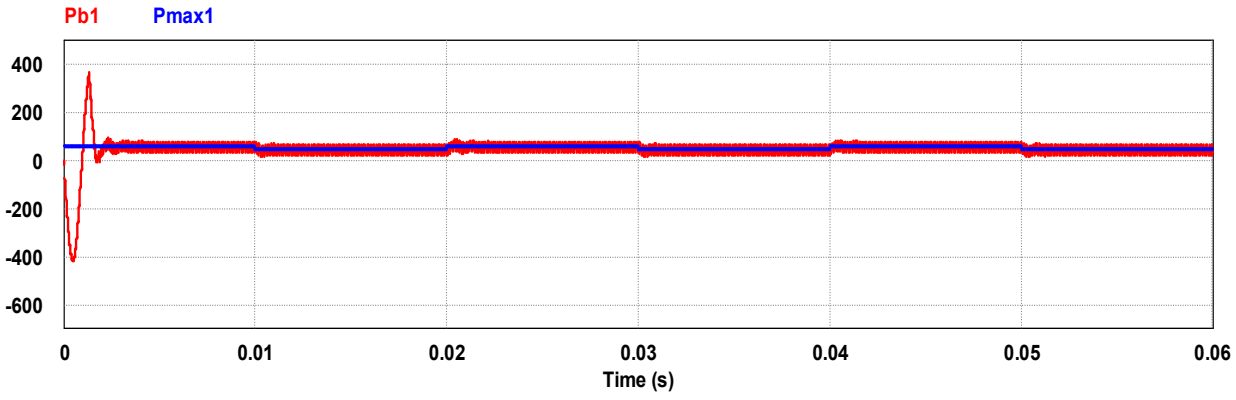


Fig. 12. Extracted Power (Pb1), and Theoretical Maximum Extracted Power (Pmax1)

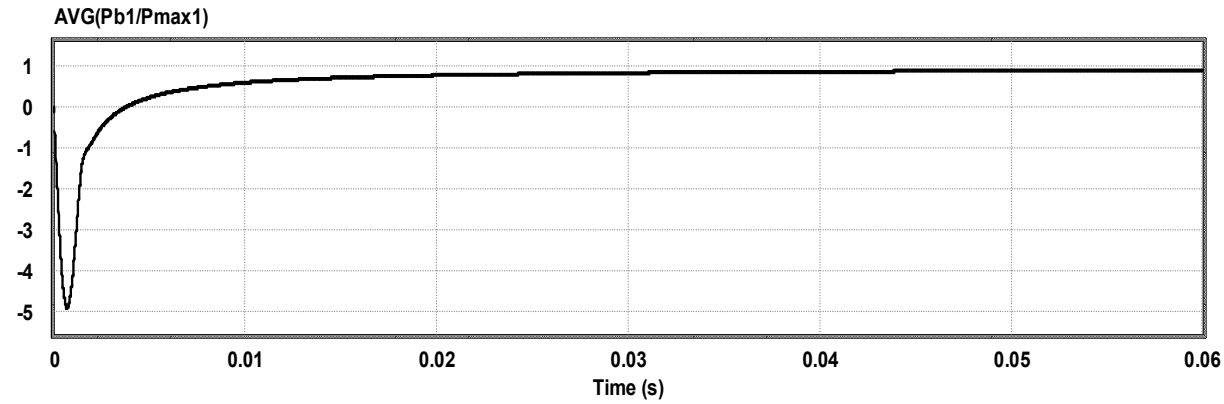


Fig. 13. Average Efficiency Obtained with P&O Technique

4.2 RESULTS OF THE IC METHOD

Figures14, 15, 16, 17, and18 present the waveforms of irradiation, currents, voltages, extracted power, maximum theoretical power, and the average efficiency system obtained with IC technique.

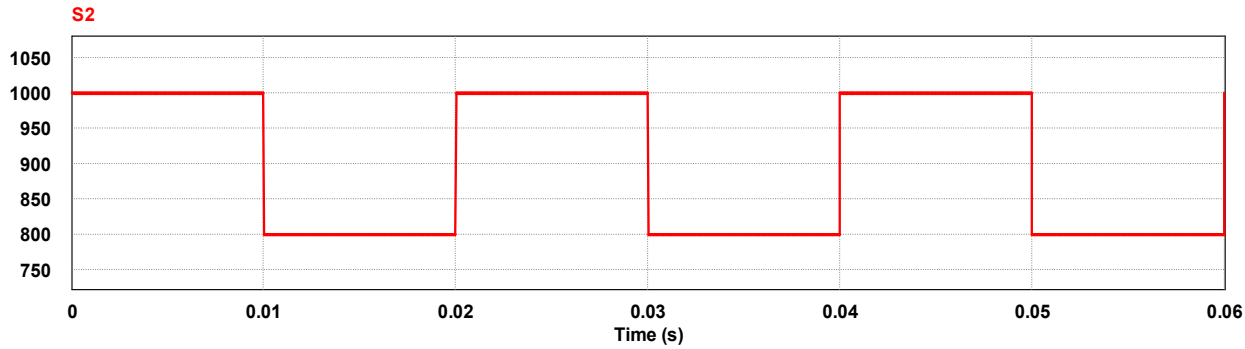


Fig. 14. Irradiance Profile (S2)

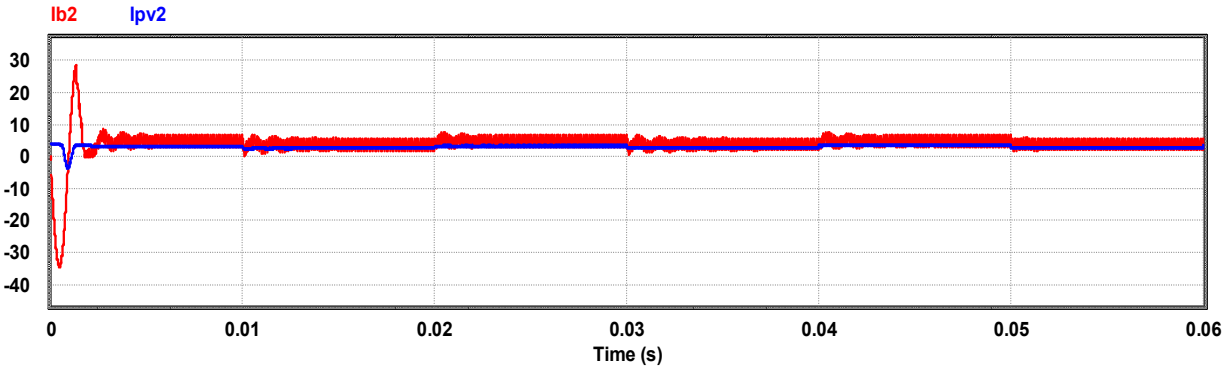


Fig. 15. Current Consumed by the battery (Ib2), and Current Generated by PV Module (IPV2)

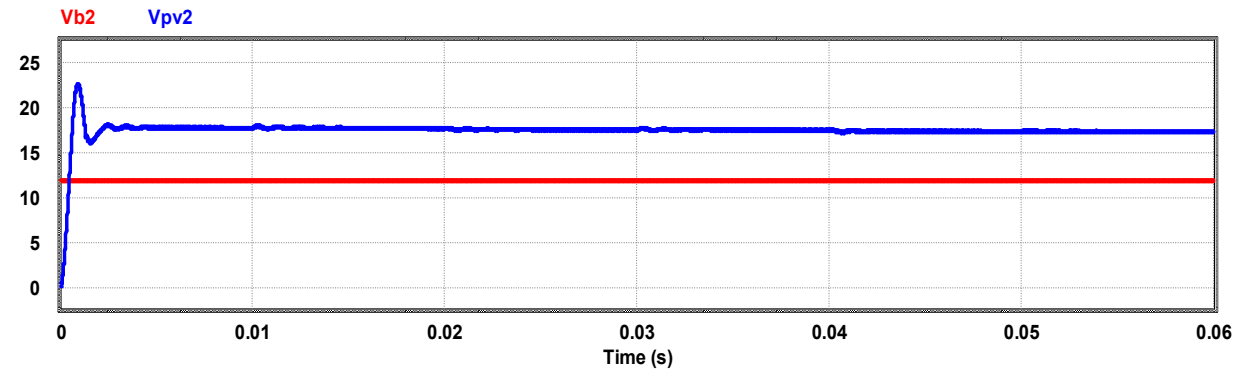


Fig. 16. Voltage of The Battery (Vb2) , and Voltage of the PV Module (VPV2)

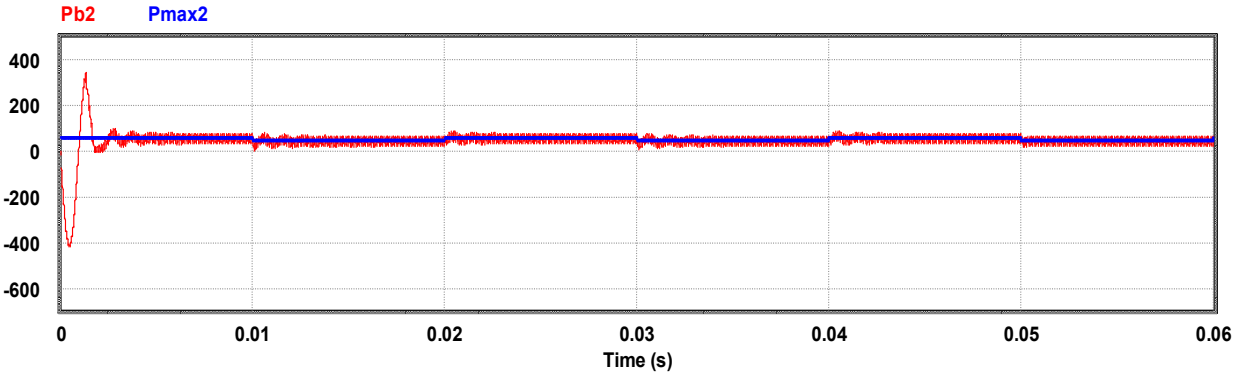


Fig. 17. Extracted Power (Pb2), and Theoretical Maximum Extracted Power (Pmax2)

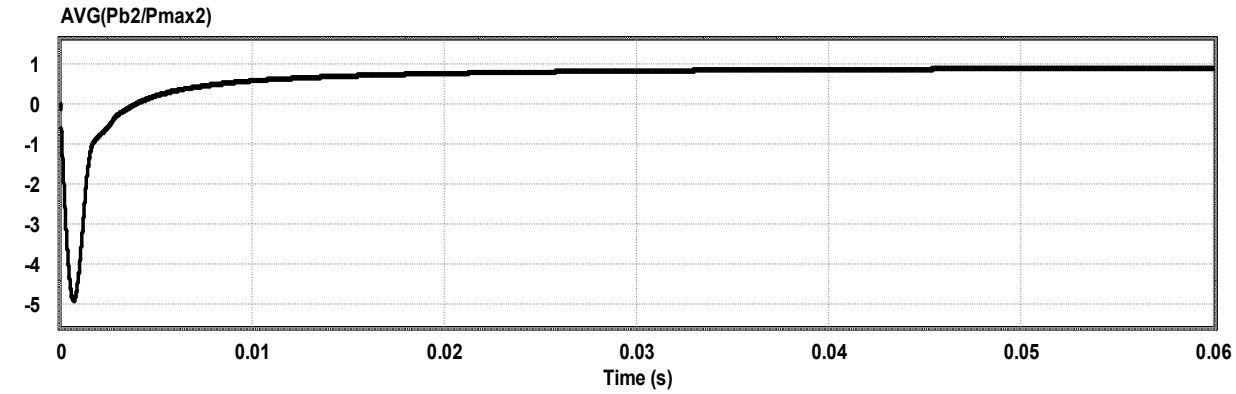


Fig. 18. Average Efficiency Obtained with IC Technique

4.3 RESULTS OF THE FOD METHOD

Figures19, 20, 21, 22, and23depict the waveforms of irradiation, currents, voltages, extracted power, maximum theoretical power, and the average efficiency system obtained with FOD technique.

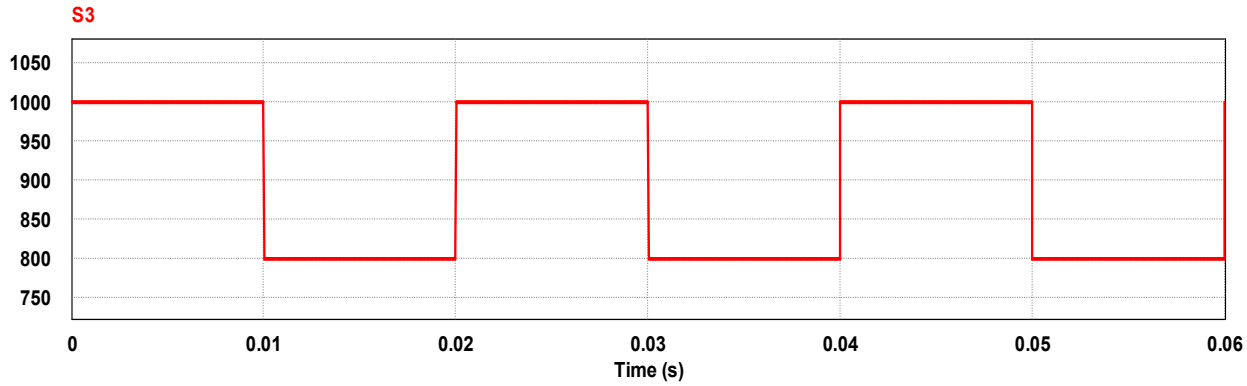


Fig. 19. Irradiance Profile (S3)

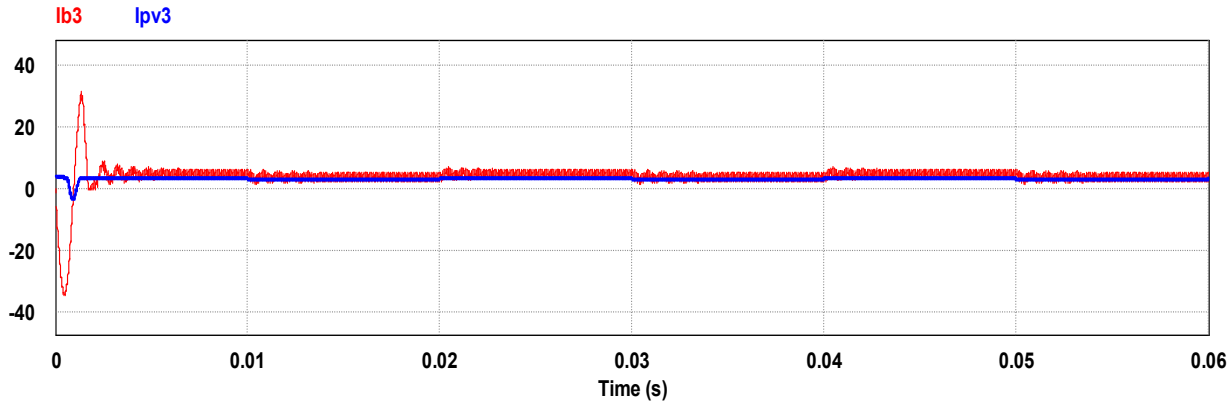


Fig. 20. Current Consumed by the Battery (Ib3), and Current Generated by PV Module (IPV3)

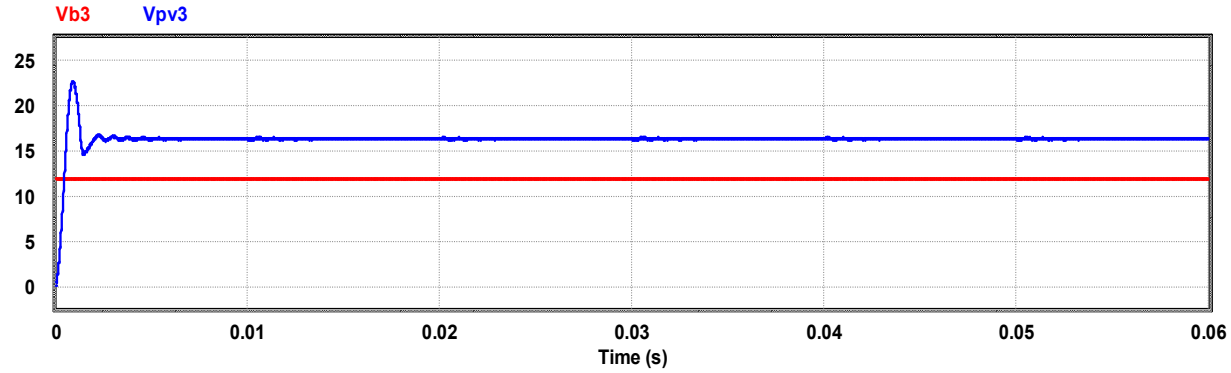


Fig. 21. Voltage of The Battery (Vb3), and Voltage Generated by of The PV Module (VPV3)

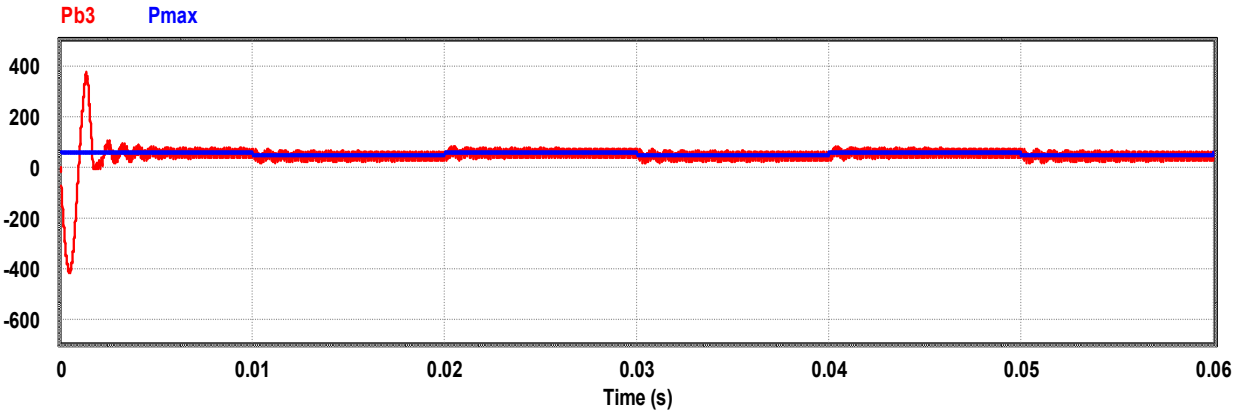


Fig. 22. Extracted Power (Pb3), and Theoretical Maximum Extracted Power (Pmax3)

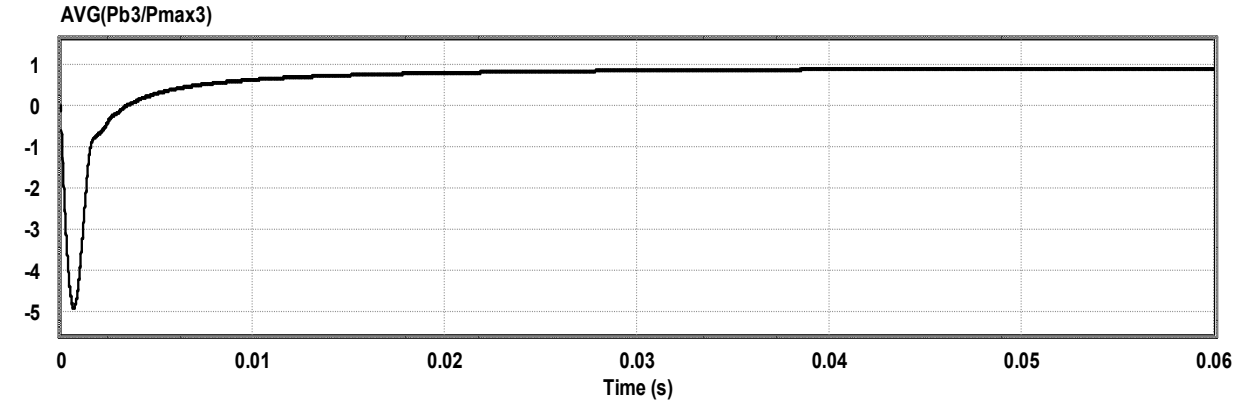


Fig. 23. Average Efficiency Obtained with FOD Technique

Table 1 summarizes the comparison of the performances between of P&O, Incremental Conductance, and First-Order Differential Method, at metrological conditions

Table 1. Comparison results under 800w/m², T=25C°

MPPT	Time responcse(s)	Ib	Ipv	Vpv	Vb	Pmax	Pb	Aver(Pb/Pmax)
P&O	0.06	3.46	2.72	17.55	12	48.30	41.62	91.89%
IC	0.06	3.49	2.82	17.09	12	48.30	41.94	92.45%
FOD	0.06	3.55	2.92	16.40	12	48.30	42.65	89.80%

5 CONCLUSION

In this article, techniques such as P & O, IC and the first-order differential method are evaluated. A model of PV module and DC / DC buck converter with different MPPT techniques was simulated using PSIM software. The different responses of the MPPT techniques are studied under specific meteorological conditions. The results show that the IC algorithm is the most efficient among the MPPTs followed by P & O and the first-order differential algorithm in most normal operating ranges.

REFERENCES

[1] Borni, A., et al. "Optimized MPPT Controllers Using GA for Grid Connected Photovoltaic Systems, Comparative study." Energy Procedia 119 (2017): 278-296.

[2] Lyden S, Haque ME. Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Systems: a Comprehensive Review and Comparative Analysis. Renew Sust Energy Rev 2015; 52:1504–18.

[3] Ezinwanne, Osisioma, Fu Zhongwen, and Li Zhijun. "Energy performance and cost comparison of MPPT techniques for photovoltaics and other applications." Energy Procedia 107 (2017): 297-303.

[4] Sher, Hadeed Ahmed, et al. "A new sensorless hybrid MPPT algorithm based on fractional short-circuit current measurement and P&O MPPT." IEEE Transactions on Sustainable Energy 6.4 (2015): 1426-1434.

[5] Ahmed, Jubaer, and Zainal Salam. "An improved perturb and observe (P&O) maximum power point tracking (MPPT) algorithm for higher efficiency." Applied Energy 150 (2015): 97-108.

[6] Rebhi, Mhamed, et al. "Comparative study of MPPT Controllers for PV system implemented in the south-west of algeria." Energy Procedia 36 (2013): 142-153.

[7] Stauth, Jason T., Michael D. Seeman, and Kapil Kesarwani. "Resonant switched-capacitor converters for sub-module distributed photovoltaic power management." IEEE Trans. Power Electron. 28.3 (2013): 1189-1198.

[8] Yatimi, Hanane, and Elhassan Aroudam. "MPPT algorithms based modeling and control for photovoltaic system under variable climatic conditions." Procedia Manufacturing 22 (2018): 757-764.

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter.

[10] Motahhir, Saad, Aboubakr El Hammoumi, and Abdelaziz El Ghzizal. "Photovoltaic system with quantitative comparative between an improved MPPT and existing INC and P&O methods under fast varying of solar irradiation." Energy Reports 4 (2018): 341-350.

[11] Rezk, Hegazy, and Ali M. Eltamaly. "A comprehensive comparison of different MPPT techniques for photovoltaic systems." Solar energy 112 (2015): 1-11.

[12] Putri, Ratna Ika, Sapto Wibowo, and Muhamad Rifa'i. "Maximum power point tracking for photovoltaic using incremental conductance method." Energy Procedia 68 (2015): 22-30.

[13] Balamurugan, T., and S. Manoharan. "Fuzzy controller design using soft switching boost converter for MPPT in hybrid system." International Journal of Soft Computing and Engineering 2.5 (2012): 87-94..

[14] Xuesong, Zhou, et al. "The simulation and design for MPPT of PV system based on incremental conductance method." information engineering (ICIE), 2010 WASE international conference on. Vol. 2. IEEE, 2010.

[15] Vinodhkumar, G., and M. Sasikumar. "Performance enhancement in pv system using intelligent controller based mppt controller." IOSR Journal of Engineering 2.2 (2012): 284-287.

[16] Stauth, Jason T., Michael D. Seeman, and Kapil Kesarwani. "Resonant switched-capacitor converters for sub-module distributed photovoltaic power management." IEEE Trans. Power Electron. 28.3 (2013): 1189-1198.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1159-1169
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Structuration de la population agricole de la filière anacarde (*Anacardium occidentale* (L.) Anacardiaceae) et caractérisation des plantations dans les régions du Bounkani et du Gontougo en Côte d'Ivoire

[Structuring of the agricultural population of the cashew nut sector (*Anacardium occidentale* (L.) Anacardiaceae) and characterization of plantations in the Bounkani and Gontougo regions of Côte d'Ivoire]

Diulyale KAMBOU[1], Tchoa KONE[1], Brahima André SOUMAHORO[2], Yaya TOURE[1], Koffi Fernand Jean-Martial KASSI[2], Seydou TUO[2], Daouda KONE[2], and Mongomaké KONE[1]

[1]Université Nangui Abrogoua, UFR des sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Université Félix HOUPHOUET BOIGNY, UFR Biosciences, Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétales, 22 BP 586 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: Cashew (*Anacardium occidentale* (L.), Anacardiaceae), a forest plant initially became a cash crop. The national production is in clear progression with the extension of cultivated surfaces. However, the yield remains low. This study aims to assess the situation of producers and cashew nut orchards in the regions of Bounkani and Gontougo. The plantations of selected producers have been visited. An investigation sheet has been completed. Some parameters related to producers and plots were evaluated. Eight sub-prefectures were visited and 240 producers interviewed. The age of the producers was between 30 and 50 years old and 61 to 67% of the producers were uneducated. Average densities of orchards visited ranged from 724 to 769 plants / ha. The highest yield of cashew nuts was obtained in orchards between 21 and 30 years old in the Gontougo region (356.72 Kg / ha). In the plantations visited, only herbicides were used as phytosanitary products. 3.70% of peasants used fertilizers in orchards. Asked about the presence of disease in orchards, 54.17% of producers in the Gontougo region and 51.24% in Bounkani found the diseases. On the other hand, at the level of the 73.96 and 97.52% pests respectively in the plantations of Gontougo and Bounkani observed the presence of pests in their orchards. The annual production of cashew was strongly influenced by the density of plantations.

KEYWORDS: Cashew, density, yield, prospecting, structuration.

RÉSUMÉ: L'anacardier (*Anacardium occidentale* (L.), Anacardiaceae), plante forestière initialement est devenue une culture fruitière de rente. La production nationale est en nette progression avec l'extension des surfaces cultivées. Cependant, le rendement demeure faible. Cette étude vise à faire l'état des lieux des producteurs et des vergers anacardiers dans les régions du Bounkani et du Gontougo. Les plantations de paysans sélectionnés ont été visitées. Une fiche d'enquête a été renseignée. Quelques paramètres relatifs aux producteurs et aux parcelles ont été évalués. Huit sous-préfectures ont été visitées, soit 240 producteurs interrogés. L'âge des producteurs était compris entre 30 et 50 ans et 61 à 67 % des producteurs n'étaient pas instruits. Les densités moyennes des vergers visités ont été comprises entre 724 et 769 pieds/ha. Le rendement le plus élevé en noix de cajou, a été obtenu dans les vergers dont l'âge est compris entre 21 et 30 ans dans la région du Gontougo (356,72 Kg/ha). Dans les plantations visitées, seuls les herbicides ont été utilisés comme produit phytosanitaire. 3,70 % de paysans ont employé des fertilisants dans les vergers. Interrogés sur la présence de maladie dans les vergers, 54,17 % des producteurs dans la région du Gontougo et 51,24 % dans le Bounkani ont constaté les maladies. Par contre, au niveau des ravageurs 73,96 et 97,52 % producteurs respectivement dans les plantations du Gontougo et du Bounkani ont observé la présence de ravageurs dans leurs vergers. La production annuelle de l'anacardier a été fortement influencée par la densité de plantations.

MOTS-CLEFS: Anacardier, densité, Rendement, enquête, structuration.

Corresponding Author: Diulyale KAMBOU

1 INTRODUCTION

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre tropical originaire du Mexique, du Nord-Est du Brésil et du Pérou ([1]; [2]). Les premières introductions d'anacardiers en Côte d'Ivoire datent de 1951. Ces premières plantations réalisées dans un objectif de foresterie (protéger les sols et lutter contre l'érosion) ont été étendues à toute la zone écologiquement favorable des savanes soudano - guinéennes à partir de 1959 ([3]). L'anacardier est devenu une culture fruitière de rente suite à l'intérêt commercial grandissant de la noix de cajou. En effet, la production de cette noix a favorisé le développement d'importantes activités économiques dans de nombreux pays tropicaux dont la Côte d'Ivoire ([4]). L'huile extraite de la noix de cajou est utilisée pour le massage, mais aussi pour l'entretien des lèvres ou le traitement des cheveux. Elle a un effet « anti-âge » ([5]). Le baume liquide extrait des parois de la coque, a de nombreuses applications industrielles : insecticide, fongicide, goudron, peinture, imperméabilisant. Il est utilisé dans le traitement des troubles dermatologiques et rénaux. Son application sur le corps soulage l'arthrite et les rhumatismes ([6]). La pomme de cajou (faux fruit) présente un fort potentiel nutritionnel. Cette matière première est très riche en vitamine C ([7]), en composés polyphénoliques ([7]; [8]) et présente un profil de caroténoïdes très diversifié ([9]; [10]). Ainsi, la culture de l'anacardier a très vite suscité un intérêt en Côte d'Ivoire si bien que le pays est devenu aujourd'hui, avec environ 702 000 tonnes de noix de cajou, le 1er producteur mondial devant l'Inde ([11]).

Malgré cette production, le rendement à l'hectare demeure très faible en Côte d'Ivoire. En effet, les rendements en noix de cajou des vergers ivoiriens sont de l'ordre de 350 à 500 kg/ha contre un rendement moyen de 800 à 1000 kg/ha en Inde, au Brésil, au Vietnam, au Mozambique et en Tanzanie ([12]; [13]). Cette situation serait liée à la mauvaise pratique agricole pour la mise en place des plantations d'anacardier. Le matériel végétal utilisé pour la création des vergers serait inapproprié. Par ailleurs, très peu d'informations sont disponibles sur les populations impliquées dans la production de la noix de cajou. L'impact de la culture de l'anacarde sur ces populations reste encore à être déterminé. Aussi, la présente étude vise à faire l'état des lieux de la filière anacarde dans les régions du Gontougo et du Bounkani. La conduite d'une telle enquête dans ces deux grandes zones de production permettrait de disposer des informations nécessaires à l'orientation de la politique agricole et en particulier l'amélioration de la productivité de l'anacardier pour un meilleur mieux-être des populations de ces régions.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Dans le cadre de cette étude, une enquête a été menée du 11 au 24 janvier 2015 dans les sous-préfectures de Bondoukou, Sépingo, Yézimala et Laoudiba dans la région de Gontougo et les sous-préfectures de Bogofa, Kotouba, Bouna et Siyalledouô dans la région de Bounkani. Ces localités sont situées au Nord-Est, dans la zone de savane de la Côte d'Ivoire. Le climat est de type soudanéen avec une température moyenne de 30 °C. La région de Bounkani présente une végétation de type savane herbeuse avec une pluviométrie relativement faible alors que la végétation de Gontougo est de type pré-forestière avec une pluviométrie annuelle assez abondante ([14]). Les différentes localités visitées sont indiquées sur la figure 1.

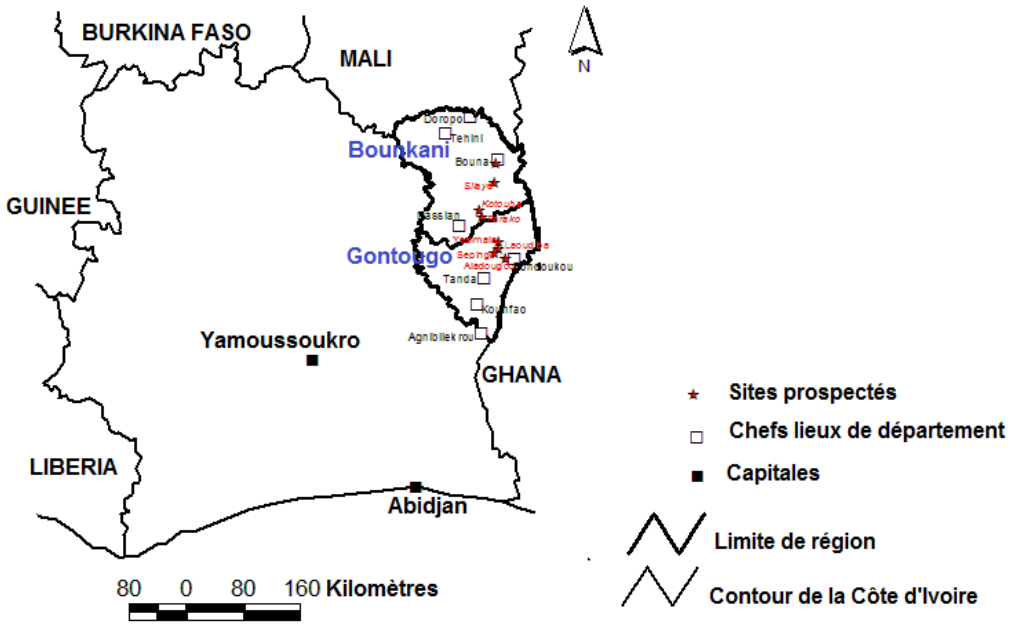


Fig. 1. Carte administrative de la Côte d'Ivoire indiquant les localités et les régions visitées (Gontougo et Bounkani)

2.2 CONDUITE DE L'ENQUÊTE

Deux approches ont été adoptées lors de cette enquête. La première a consisté à choisir au hasard des producteurs par sous-préfecture. Ceux-ci ont été soumis à un questionnaire puis leurs différentes parcelles ont été visitées. Ces deux approches ont été précédées d'un passage dans les antennes régionales de l'Agence nationale d'Appuis au Développement Rural (ANADER) de Gontougo et Bounkani pour recueillir des informations relatives à la superficie cultivée, au nombre de producteurs (hommes et femmes), à la production annuelle et l'organisation des producteurs en coopérative. 120 producteurs ont été interrogés par région soit 30 producteurs par sous-préfecture. Les informations collectées ont concerné les d'une part les paramètres quantitatifs et d'autre part les paramètres qualitatifs.

Les Paramètres quantitatifs déterminés ont concerné :

- Le nombre de producteurs de noix de cajou,
- Le nombre de femmes et d'hommes ayant des plantations d'anacardier,
- L'âge des producteurs de cajou,
- L'âge moyen des plantations d'anacardier
- Le nombre de plantation d'anacardier par tranche d'âge des vergers
- La superficie des parcelles exprimée en ha et obtenue à l'aide d'un gps (garmin et oregon 550),
- La densité de plantation a été évaluée en mesurant l'espacement entre les arbres. Par exemple un écartement de 10 mètres entre les pieds permet d'obtenir 100 pieds à l'hectare soit $(100/10)^2 = 100$ pieds/ha. Pour un écartement de 5 m alors on a : $(100/5)^2 = 400$ pieds/ha.
- La production annuelle (kg) et le rendement (kg/ha) des vergers. Le rendement (rdmt) a été calculé en faisant le rapport entre la production annuelle (PA) et la superficie cultivée (SC) :

$$\mathbf{Rdmt = PA/SC}$$

Les paramètres qualitatifs collectés au cours de cette enquête ont porté sur:

- Le niveau d'étude des producteurs de cajou,
- Le mode d'acquisition des plantations d'anacardier,
- Le système de culture adoptée (monoculture ou association culturale),
- Les modes de récolte des noix de cajou (famille, coopérative, journalier ou autre),
- Les stratégies de ventes des noix de cajou (bord champ, coopérative),
- L'impact de la culture d'anacardier sur la qualité de la vie des populations,
- Le mode d'entretien des vergers,
- L'origine des semences de cajou utilisées pour la mise en place des vergers,
- Le type des cultures d'anacardier réalisé, (monoculture ou association culturale)
- L'utilisation des produits phytosanitaire et fertilisants,
- La pression des maladies et ravageurs et la menace des feux de brousse.

3 ANALYSE STATISTIQUE

Pour toutes les expériences réalisées, le logiciel STATISTICA version 7.1 a été utilisé pour les analyses statistiques. Pour les paramètres qualitatifs, une analyse paramétrique élémentaire a été effectuée avec le même logiciel afin de calculer les fréquences. L'analyse de variance (ANOVA 1 et 2) a permis de faire ressortir une différence entre les individus pour chaque facteur quantitatif étudié. Lorsqu'une différence a été observée, le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % a été appliqué pour séparer les moyennes.

4 RÉSULTATS

4.1 STRUCTURATION DES PRODUCTEURS DE LA FILIÈRE ANACARDE DANS LES RÉGIONS DU BOUNKANI ET DU GONTOUGO

L'analyse des informations récoltées dans les antennes régionales et les directions de l'ANADER ont montré que le nombre total de producteurs est estimé à 30 000 producteurs dans la région de Bounkani parmi lesquels, 12 895 ont été effectivement enregistrés. Le nombre de femmes est de 2 430 soit 18,84 % et le nombre des hommes est de 10 465 soit 81,16 % de producteurs recensés. La superficie totale cultivée par ces producteurs est estimée à 64 475 ha. Les plantations âgées 0 à 10 ans représentent 49,47 %. Celles âgées de 11 à 20 ans correspondent à une proportion de 48,10 % et les plantations de 21 à

30 ans couvrent 2,43 %. La production annuelle moyenne est 27 340,33 tonnes soit un rendement global de 424,05 Kg/ha de noix de cajou. La gestion des récoltes dans le Bounkani est assurée par cinq (05) coopératives agrées par les structures compétentes. Tableau 1

Tableau 1. Structuration des producteurs et parcelles d'anacardier dans la région du Bounkani

REGION DU BOUNKANI			
Nombre de producteurs estimés		30 000	
Nombre de producteurs enregistrés	12 895	Pourcentage Hommes (%)	81,16
		Pourcentage Femmes (%)	18,84
Superficie cultivée totale estimée (ha)		64 475	
Pourcentage par tranche d'âge (%)	0-10	11-20	21-30
	49,47	48,10	2,43
Production moyenne annuelle (tonne)		27 340,33	
Rendement (Kg/ha)		424,05	

Dans la région du Gontougo, le nombre total de producteurs enregistrés est de 12 000 repartis entre 2 000 femmes et 10 000 hommes soit 16,67 % et 83,33 % respectivement. Dans cette région, la superficie totale d'anacardier cultivée n'est pas encore déterminée, cependant la superficie moyenne par producteur est estimée à environ 3 ha. Relativement à l'âge des parcelles, 45 % des plantations ont un âge compris entre 0 à 10 ans. Pour la tranche d'âge allant de 11 à 20 ans on trouve 35 % des parcelles et les autres 20 % ont plus de 30 ans. La production moyenne annuelle estimée de noix de cajou s'élève à 49 453 tonnes. La région du Gontougo est la plus structurée en coopératives. Le nombre de coopératives agréés par les autorités compétentes est de 127. Dans cette région, on note un nombre plus important de plantation de plus de 30 ans et la production annuelle y est plus élevée que celle de la région du Bounkani.

Tableau 2. Structuration des producteurs et parcelles d'anacardier dans la région du Gontougo

REGION DU GONTOUGO			
Nombre de producteurs enregistrés	12 000	Pourcentage Hommes (%)	83,33
		Pourcentage Femmes (%)	16,67
Superficie moyenne cultivée par producteur estimée (ha)		3	
Pourcentage par tranche d'âge (%)	0-10	11-20	Plus de 30
	45,00	35,00	20,00
Production moyenne annuelle (tonne)		49 45 3	

Les résultats relatifs à l'âge des producteurs sont présentés dans le tableau 3. L'analyse du tableau montre que l'âge de la majeure partie de la population impliquée dans la culture de l'anacarde est compris entre 31 et 50 ans soit 57,85 % et 53,13 % respectivement dans les régions de Bounkani et Gontougo. Les jeunes personnes dont l'âge varie de 0 à 30 ans sont très peu impliqués dans la production de noix de cajou, comparativement à toutes les autres tranches d'âges. En effet, cette frange de la population représente 17,36 % dans la région du Bounkani et 12, 50 % dans la région du Gontougo.

Tableau 3. Répartition des producteurs de cajou en fonction de l'âge dans les régions du Bounkani et du Gontougo.

Âges des Producteurs (ans)	Proportion des producteurs (%)	
	Bounkani	Gontougo
0-30	17,36	12,50
31-50	57,85	53,13
> 50	24,79	34,37

Par rapport au niveau d'étude, les producteurs ont été regroupés en quatre groupes (Figure 2): (1) la population non scolarisée (N Sc) ; (2) le niveau primaire (Prim) ; (3) le niveau secondaire (Séc), (4) le niveau supérieur (Sup) et (5) l'école confessionnelle islamique.

Dans la région du Bounkani, aucun producteur n'a fréquenté l'école confessionnelle islamique alors que dans le Gontougo, 7,29 % des producteurs ont suivi des cours de formation islamique. La majorité des producteurs a été non scolarisée soit 61,15

% dans le Bounkani et 67,71 % dans le Gontougo. Très peu de producteurs ont fait des études de niveaux supérieurs soit respectivement 0,83 et 1,04 % dans les régions du Bounkani et du Gontougo. Dans l'ensemble, la population impliquée dans la production de l'anacarde est très peu instruite.

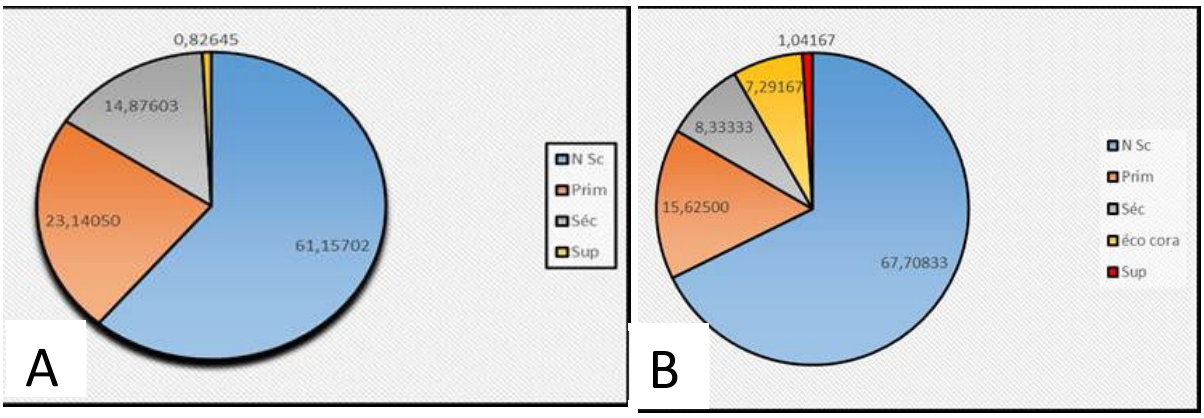


Fig. 2. Répartition des producteurs de noix de cajou selon le niveau d'instruction dans les régions du Bounkani (A) et du Gontougo (B) (N Sc : non scolarisé ; Prim : niveau primaire ; Séc : niveau secondaire ; Sup : enseignement supérieur ; éco cora : école confessionnelle islamique)

Concernant le genre, les données collectées sont présentées sur la figure 3. La culture de l'anacardier est majoritairement pratiquée par les hommes dans le Gontougo et le Bounkani. La population masculine représente 87 et 73 % respectivement dans les régions de Bounkani et Gontougo alors celle des femmes est très faible de l'ordre de 13 et 23 %.

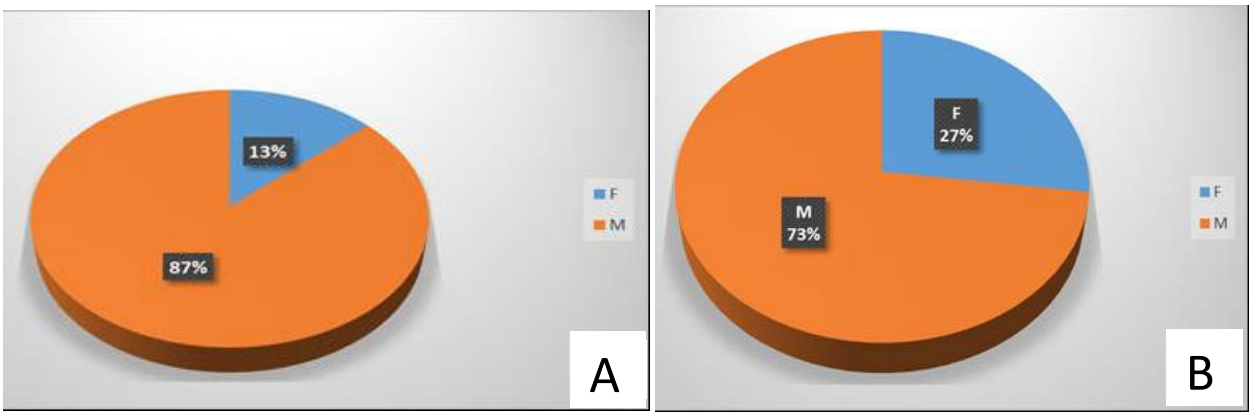


Fig. 3. Pourcentage des populations du Bounkani (A) et du Gontougo (B) impliquées dans la culture de l'anacardier en fonction du sexe (F : femme et M : homme)

4.2 CARACTÉRISTIQUES DES PLANTATIONS D'ANACARDIER DES RÉGIONS DU BOUNKANI ET DU GONTOUGO

Dans les deux régions étudiées (figure 4), les pourcentages les plus élevés en termes de nombre de plantations ont été obtenus avec les tranches d'âges de 10 à 20 ans et de 21 à 30 ans. Les plus faibles proportions ont été observées avec les plus jeunes (0 à 10 ans) et les plus vieilles (plus de 30 ans) plantations.

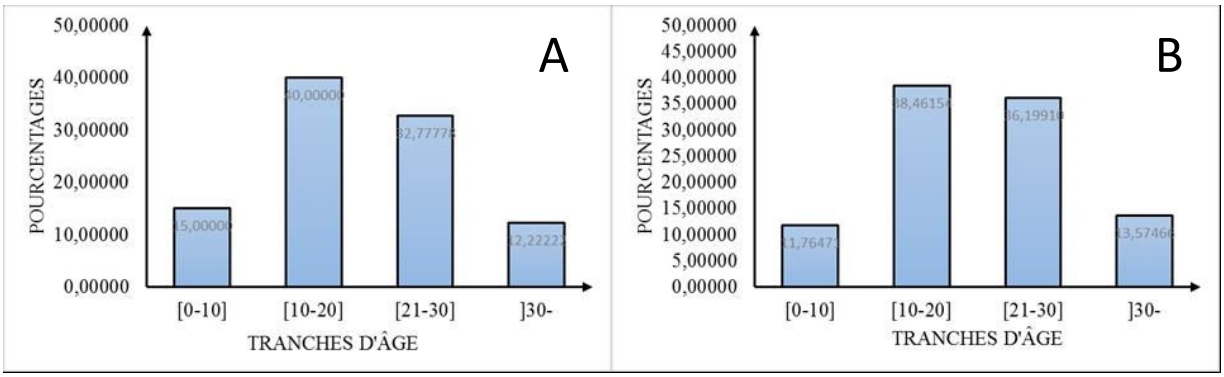


Fig. 4. Pourcentage par tranches d'âges des plantations visitées dans les régions du Gontougo (A) et du Bounkani (B)

Les mesures portant sur la superficie, la densité et le rendement des plantations visitées sont enregistrées dans le tableau 4. Dans la région de Bounkani, la superficie moyenne des vergers (7,501 ha) a été plus importante que celle du Gontougo (3,091). Par contre, le rendement moyen des plantations d'anacardier a été plus élevé dans la zone du Gontougo comparativement aux valeurs exprimées dans la région du Bounkani. Relativement à la densité de plantation, aucune différence statistique n'a été enregistrée entre les deux régions soit 724,51 pieds/ha dans la région de Gontougo et 768,49 pieds/ha dans la région de Bounkani.

Tableau 4. Superficies, densités et rendements des parcelles visitées dans les régions du Gontougo et du Bounkani

Régions	Superficies moyennes des parcelles (ha)	Densités moyennes des plantations (pieds/ha)	Rendements des vergers (Kg/ha)
Gontougo	3,091 ± 0,42 **b**	724,510 ± 39,92 **a**	336,926 ± 23,13 **a**
Bounkani	7,501 ± 0,80 **a**	768,493 ± 33,54 **a**	222,879 ± 14,46 **b**
P	0,0029	0,1319	0,002

Les chiffres suivis de la même lettre dans une même colonne ne présentent aucune différence significative au seuil de 5 % (test de Newman-Keuls)

4.3 CARACTÉRISTIQUES DE PRODUCTION SELON L'ÂGE DES VERGERS DANS LES RÉGIONS DU GONTOUGO ET DU BOUNKANI

Les parcelles visitées ont été regroupées en quatre classes d'âge différentes : jeune (0 à 10 ans), âgé (11 à 20 ans), vieille (21 à 30 ans) et plus vieille (plus de 30 ans). Les résultats expérimentaux de cette étude sont consignés dans le tableau 5. Il n'existe aucune différence significative entre les classes d'âge pour ce qui concerne la superficie moyenne des vergers et la densité moyenne de plantation. Cependant une variabilité significative a été notée au niveau du rendement. Hormis les vergers les plus âgés, le rendement a été plus élevé dans la région de Gontougo que celle du Bounkani

Tableau 5. Superficie, densité et rendement des parcelles en fonction des classes d'âge et des régions

Régions	Superficie moyenne				Densité moyenne (pieds/ha				Rendement (Kg/ha)			
	Jeune [0-10]	Agé [11-20]	Vieille [21-30]	Plus vieille [plus de 30 ans]	Jeune [0-10]	Agé [11-20]	Vieille [21-30]	Plus vieille [plus de 30 ans]	Jeune [0-10]	Agé [11-20]	Vieille [21-30]	Plus vieille [plus de 30 ans]
Gontougo	2,00 ± 0,6 **a**	2,55 ± 0,5 **b**	3,36 ± 0,2 **b**	5,87 ± 2,1 **a**	811,11 ± 125,22 **a**	705,88 ± 63,0 **a**	763,64 ± 69,9 **a**	1000,00 ± 0,0 **a**	226,42 ± 60,3 **a**	354,52 ± 32,5 **a**	356,30 ± 48,2 **a**	333,20 ± 54,3 **a**
Bounkani	4,81 ± 1,2 **a**	6,48 ± 0,9 **a**	9,09 ± 1,8 **a**	8,23 ± 2,1 **a**	625,00 ± 147,3 **b**	729,55 ± 50,9 **a**	680,00 ± 57,5 **b**	866,67 ± 71,2 **a**	136,05 ± 74,4 b	205,01 ± 19,7 **b**	225,83 ± 18,9 **b**	314,72 ± 48,2 **a**
P	*0,0028*				*0,131*				*0,0020*			

Les chiffres suivis de la même lettre sur la même colonne pour chaque paramètre ne présentent aucune différence significative au seuil de 5 % (test de Newman-Keuls)

4.4 NIVEAUX D'ADOPTION DES PRATIQUES CULTURALES

Dans les vergers anacardiers des deux régions, diverses pratiques et méthodes culturales ont été adoptées par les producteurs. Les informations collectées sont consignées dans le tableau 6. Tous les paysans interrogés (100 %), ont utilisé des semences tout-venant (TV) pour la création de leurs plantations. Les paysans des deux régions ont adopté très peu de bonnes pratiques culturales pour la mise en place et l'entretien des plantations. Quelle que soit la région, les producteurs ont une connaissance limitée de l'existence de variétés améliorées chez l'anacardier. Par contre, les planteurs sont assez favorables à la pratique du surgreffage dans les parcelles âgées. Alors que le feu de brousse n'est plus un grand souci pour les paysans de Gontougo, 30,58 % des paysans de la région de Bounkani voient leurs plantations détruites par le feu de brousse pendant la période de sécheresse. Les produits phytosanitaires sont très peu utilisés dans les plantations quelle que soit la région considérée. L'entretien consistant au traitement manuel et à l'application des herbicides est une pratique courante dans les deux régions, soit respectivement 51,04 et 83,47 % dans le Gontougo et le Bounkani. L'emploi exclusif des herbicides est le fait de 17,71 % de producteurs dans le Gontougo, et 0,83 % dans le Bounkani. Pour ce qui est des fertilisants, une faible proportion de producteurs ont utilisé des fertilisants (Urée) dans la zone de Bounkani (3,70 %), alors qu'il n'y a pas eu de fertilisation dans les vergers de la région de Gontougo (0 % d'utilisation d'Urée). La monoculture est la plus pratiquée dans le Gontougo et le Bounkani, respectivement 84,38 et 99,17 % des plantations prospectées.

Les maladies ont été observées dans les parcelles visitées à des fréquences de 54,17 % dans la région de Gontougo contre 51,24 % dans le Bounkani. Les ravageurs ont été fortement présents dans toutes les parcelles des deux régions étudiées respectivement 73,96 et 97,52 % dans le Gontougo et le Bounkani.

Tableau 6. Niveau d'adoption des pratiques agricoles

		Proportions de producteurs (%)	
Pratiques culturales		**Gontougo**	**Bounkani**
Systèmes de culture	Monoculture	84,38	99,17
	Association	15,62	0,83
Utilisation de fertilisants	Non	100,00	96,30
	Oui	00,00	3,70
Nombre d'entretien par an	1	29,17	15,70
	2	68,75	82,64
	3	2,08	1,65
Type d'entretien	manuel	31,25	15,70
	Chimique	17,71	0,83
	Combinaison	51,04	83,47
C T G Sg	Oui	30,21	12,40
	non	69,79	87,60
Origine de semences	TV	100,00	100,00
	commerciale	000,00	000,00
Mode de création de plantation	Semis	100,00	100,00
	Plants greffés	000,00	000,00
C P V A	Non	70,83	92,56
	oui	29,17	7,44
Présence de Maladies	Oui	54,17	51,24
	Non	45,83	48,76
Présence de ravageurs	Oui	73,96	97,52
	Nom	26,04	2,48
Pratique de Feux de brousse	Oui	6,25	30,58
	Non	93,75	69,42
Adoption de la technique de surgreffage	Oui	91,67	99,17
	Non	8,33	0,83

C P V A = connaissance de présence de variété améliorée ; C T G Sg = connaissance de la technique de greffage et surgreffage ; A P Sg = accepter la pratique de surgreffage ; AB = absent ; PR = présent ; TV = tout venant

4.5 MODES D'ACQUISITION DES PARCELLES ET TECHNIQUES DE RÉCOLTE

Les résultats collectés dans les différentes régions sont consignés dans le tableau 7. L'analyse du tableau montre que dans la région de Gontougo 51,04 % de producteurs enquêtés sont propriétaires terriens et 41,67 % ont des biens familiaux. Très peu de producteurs ont acquis les parcelles par achat quelle que soit la région. Dans la région de Bounkani, 54,55 % des parcelles sont des biens familiaux alors que le pourcentage des propriétaires terriens est de 41,32 %. La stratégie couramment adoptée pour la récolte des fruits de cajou est celle basée sur la famille quelle que la région. Les d'application de cette stratégie ont respectivement été de 79,17 et 67, 77 % dans le Gontougo et le Bounkani. Très peu de producteurs optent pour le recrutement des journaliers dans les deux régions. D'autres modes de récolte telle que confier la parcelle à une tiers personne qui va se charger du nettoyage et de la récolte ou après le nettoyage confier une partie de la plantation aux membres de la famille, ont été adoptés à des fréquences respectives de 17,70 et 29,75 % dans le Gontougo et le Bounkani.

Tableau 7. Modes d'acquisition des parcelles et stratégies de récolte dans les deux régions

Régions	Mode d'acquisition des parcelles				Stratégies de récolte		
	Propriétaire de terre	Bien familial	Achat	Achat et bien familial	Famille	Journaliers	Autres
Gontougo	51,04	41,67	7,29	00,00	79,17	3,13	17,70
Bounkani	41,32	54,55	3,30	0,83	67,77	2,48	29,75

5 DISCUSSION

Les résultats de l'enquête conduite dans les régions du Gontougo et du Bounkani ont révélé que la pratique de regroupement des producteurs en coopérative était plus courante dans la région du Gontougo. Le nombre limité d'ethnies de cette région (Koulango et Lobi) facilite la communication entre les adhérents de la coopérative. Cela a certainement favorisé une meilleure organisation de la culture de l'anacardier. Par contre dans le Bounkani, il existe une diversité ethnique qui limite les regroupements de producteurs qui sont très peu instruits.

Quelle que soit la région, la culture de l'anacardier est dominée par une population âgée de 30 à 50 ans. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les plus jeunes ne seraient pas propriétaires de parcelle leur permettant de pratiquer la culture souhaitée ou en partie par le manque d'intérêt des jeunes pour les plantations d'essences pérennes. Aussi, les jeunes personnes n'ayant pas de grands moyens financiers pour acquérir des terres cultivables devenues de plus en plus chères, préfèrent s'orienter vers d'autres secteurs d'activités. Les études réalisées en Tanzanie ont montré que l'âge des producteurs en culture d'anacardier était compris entre 44 et 56 ans [15]. Des résultats semblables ont aussi été obtenus au Benin [16]. Selon ces auteurs, la majorité des planteurs d'anacardier ont l'âge compris entre 30 et 60 ans. Pour la référence [17], la forte présence des personnes âgées dans la culture d'anacardier, serait liée à la difficulté d'accès aux terres mobilisables sur le long terme par les couches de populations plus jeunes ou tout simplement par le phénomène d'exode rural vers les grands centres urbains. L'âge moyen des producteurs de noix de cajou relevé dans la présente étude est similaire à celui enregistré par [18] au Mozambique et par [19] en Tanzanie qui ont trouvé respectivement 48 et 51 ans comme âge moyen pour les chefs d'exploitation des plantations d'anacardiers. Cependant, les études réalisées en Casamance ont révélé que les producteurs avaient un âge compris entre 60 et 70 ans [20] réalisés en Casamance.

Très peu de personnes instruites sont impliquées dans la culture de l'anacarde dans les deux régions prospectées. Cette situation s'expliquerait par le manque de terre cultivable et le déplacement massif des populations des deux régions vers les zones urbaines. Ces résultats corroborent ceux de l'expert [16] qui ont rapporté que la majorité des plantations au Benin, sont détenues par des producteurs non instruits.

La culture de l'anacardier est majoritairement pratiquée par les hommes. En effet, les femmes sont plus intéressées par les cultures vivrières pratiquées sur de petites surfaces de terre et servant directement à la consommation locale. Une implication plus importante des hommes dans la culture de l'anacardier a aussi été rapportée au Bénin par [16]. Selon ces auteurs, les hommes s'investissent plus dans les cultures pérennes ou de rentes telles que la production de noix de cajou comparativement aux femmes. Les références [21] et [22] expliquent cette situation par les règles coutumières qui restreignent les droits de la gente féminine à la propriété foncière. Ces mêmes auteurs affirment que l'implication des femmes dans les cultures pérennes est en général limitée par la crainte de voir le patrimoine foncier de la famille échoir à une autre famille et spécialement à celle de l'époux. Des résultats similaires ont aussi été constatés en Tanzanie [19] et au Nigeria [23].

Les plantations âgées de 10 à 20 ans ont été les plus nombreuses. Cette tranche d'âge correspondrait à la période à partir de laquelle est intervenue la valorisation de la noix de cajou par des prix bord champ du Kg qui ont régulièrement augmentés.

Ainsi, la culture d'anacardier, introduite dans un premier temps pour lutter contre l'avancée du désert, est devenue une source substantielle de revenus et de développement pour de nombreuses populations dans ses zones de culture.

Les superficies moyennes des plantations rapportées au cours de cette étude ont varié d'une région à l'autre et les surfaces cultivées les plus importantes ont été rencontrées dans la région du Bounkani. Une disponibilité élevée de terres cultivables et un intérêt plus important accordé à la culture de l'anacardier au détriment des cultures traditionnelles telles que le cotonnier expliqueraient probablement cette situation.

Les rendements en noix de cajou ont été plus élevés dans la région du Gontougo. Dans cette région, les plantations seraient composées d'un nombre plus important d'arbres élites. L'importance des arbres élites dans la production de noix de cajou a été signalée au Benin par [24].

Par ailleurs, les rendements en noix de cajou varieraient selon les conditions écologiques. Le Gontougo ayant une végétation de type préforestière disposerait des conditions édaphiques plus favorables à une production abondante de noix de cajou, comparativement à la région du Bounkani moins arrosée avec un sol peu fertile. La plupart des arbres de cette dernière région sont mal développés et se caractérisent par un aspect filiforme avec un port peu ramifié. Une pluviométrie abondante et bien répartie sur l'année favorise une production importante chez l'anacardier [14]. Selon la référence [16], la production moyenne d'anacarde est de 300 kg/ha, lorsque les vergers sont régulièrement arrosés. Les travaux de caractérisation d'anacardiers entrepris par [25] au Bénin ont montré que le rendement moyen en noix de cajou des vergers du pays est compris entre 350 et 600 kg/ha dans les régions à pluviométrie moyenne et dont les sols sont fertiles.

Dans les deux régions, un faible niveau d'utilisation de produits phytosanitaires est noté. Cette situation serait responsable de la prolifération de diverses maladies constatées dans la plupart des parcelles, notamment l'anthracnose et la gommose. Ces maladies ont provoqué la baisse du rendement en noix de cajou dans plusieurs vergers de Côte d'Ivoire et du Burkina Faso [26]; [27]. Les ravageurs ont été fortement présents dans les parcelles des deux régions prospectées. Selon la référence [14], la culture d'anacardier est une cible potentielle d'un important nombre d'insectes ravageurs dont les foreurs de tige (*A. terebrans*) et les ciseleurs *(A. trifasciata*) qui provoquent des dégâts aux anacardiers (abattage des rameaux, confection des orifices et galeries sur les branches), entrainant ainsi une baisse considérable de la productivité et même la mort des arbres. Des observations similaires ont aussi été faites au Ghana [28]; [29]). La forte pression parasitaire et les maladies observées dans les vergers d'anacardier résulteraient du faible niveau d'application des produits phytosanitaires et surtout de l'absence de formations des producteurs à l'adoption des bonnes pratiques culturales.

6 CONCLUSION

Au terme de cette étude l'on peut retenir que très peu de producteurs suivent les bonnes pratiques agricoles ce qui conduit à des plantations de densité très élevée. Les faibles rendements des plantations sont dus à un mauvais entretien, au manque de variétés sélectionnées et à la forte densité de plantation. Les plantations ont été mises en place par des variétés tout venant. Il faut aussi noter que plus de 50 % des plantations ont plus de 10 ans. La culture de l'anacardier est vraiment capitale pour les producteurs sur tout dans la scolarisation des enfants, l'amélioration de la qualité de vie par les constructions et l'achat des moyens de déplacement et la santé de la population.

Pour accroître la production des vergers, la création de nouvelles plantations avec des variétés à haut rendement est nécessaire. Dans les zones où la création de nouvelles plantations n'est pas possible, les vieilles parcelles doivent être renouvelées avec du matériel sélectionné par la technique du surgreffage. La formation des paysans aux bonnes pratiques culturales, contribuerait à améliorer significativement la production de noix de cajou.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les antennes régionales du conseil coton anacarde et l'Agence nationale d'Appuis au Développement Rural (ANADER) de Gontougo et Bounkani pour leur collaboration.

REFERENCES

[1] P.Trepko, La culture de l'anacardier dans la Région de Bassila au Nord Bénin. Projet de restauration des ressources forestières de Bassila, République du Bénin, GTZ, 53p, 2003.

[2] J-P. Lyannaz, Vers une relance de l'anacarde au Mozambique, *Fruits*, vol. 2, no. 61, pp. 125–133, 2006.

[3] P. Goujon, A. Lefèbvre, Ph. Leturcq, A. P. Marcellesi et J.C Praloran, Etudes sur l'anacardier. I - Régions écologiques favorables à la culture de l'anacardier en Afrique francophone de l'Ouest, *Fruits*, vol. 3, no. 28, pp. 217-225, 1973.

[4] R. W. De Figueiredo, F. M. Lajolo, R. E. Alves and H. A. C. Filgueiras, Phsysical-chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during development and maturation, *Food Chemistry*, vol. 1, no. 77, pp. 343- 347, 2001.

[5] E. Lautié, M. Dorniera, M. de Souza Filhoc, et M. Reynes, Les produits de l'anacardier: caractéristiques, voies de valorisation et marchés, *Fruits*, vol. 4, no. 56, pp. 235-248, 2001.

[6] J. B. Raintree, Les voies de l'agroforesterie: Régime foncier, culture itinérante et agriculture permanente. *Unasylva*, vol. 4, no. 38, pp. 154, 1985.

[7] R. B. Assunção, and A. Z. Mercadante, Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (Anacardium occidentale L.), *Journal of Food Composition and Analysis* vol. 6, no. 16, pp**.** 647-657, 2003.

[8] L. Michodjehoun-Mestres, Etude des composés phénoliques de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.). Biochimie, chimie et technologie alimentaire. Montpellier, Université Montpellier II. Thèse de Doctorat, 2009.

[9] L. Michodjehoun-Mestres, J. M. Souquet, H. Fulcrand, C. Bouchut, M. Reynes and J.-M. Brillouet, Monomeric phenols of cashew apple (Anacardium occidentale L.), *Food Chemistry* vol. 4, no. 112, pp. 851-857, 2009.

[10] D. Abreu, Etude d'un procédé intégrant la microfiltration tangentielle pour la production d'extraits concentrés en caroténoïdes à partir de pommes de cajou. Sciences des procédés - Sciences des aliments. Montpellier, Université de Montpellier 2. Doctorat, 2012.

[11] MINAGRI, 2016. Ministère de l'Agriculture. Conférence de presse : en route pour l'émergence. Auditorium de la Primature (06 Juin 2016). www.gouv.ci.

[12] S. Samal, G. R. Rout and P. C. Lenka, Analysis of genetic relationships between populations of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by morphological characterization and RADP markers, *Plant Soil Environ*, vol. 4, no. 49, pp. 176-182. 2003.

[13] O. M. Aliyu and J. A. Awopetu, Assessment of genetic diversity in three populations of cashew (Anacardium occidentale L.) using protein-isoenzyme electrophoretic analysis. *Genetics Resources. Crop. Evolution,* vol. 1, no. 54, 1489-1497, 2007.

[14] O. R. N'Depo, M. Cherif, F. Johnson, K. F. J-M. Kassi, A. C. N'Guessan N. Silue, E. N. Akessé, D. Koné et O. M. N'Goran, Inventaire des insectes ravageurs du verger anacardier dans les régions de Bounkani, Gontougo et Indénie-Djablun au Nord-Est en Côte d'Ivoire. *Afrique Science* vol. 2, no. 13, pp. 333-343, 2017.

[15] M. Dagg and R. G. Tapley, Cashew nut production in Southern Tanzania. V. Water balance of cashew trees in relation to spacing, *East African Agricultural and Forestry Journal*, vol. 1, no. 33, 88-94, 1967.

[16] I. Balogoun, A. Saïdou, E. L. Ahoton, L. G. Amadji, C. B. Ahohuendo, I. B. Adebo, S. Babatounde, D. Chougourou, H. Adoukonou-sagbadja et A. Ahanchede**,** Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Benin. *agronomie africaine,* vol. 1, no. 26, pp. 9- 22, 2014.

[17] A. M. Tandjiékpon, Caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier (Anacardium occidentale L) en zone de savane au Bénin. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 2005.

[18] P. N. Mole**,** Smallholder cashew development opportunities and linkages to food security in Nampula Province, Mozambique: Summary of findings and implications for policy, research and extension efforts. Research Report No 42E, *Ministry of Agriculture and Rural development, Republic of Mozambique*, 2000.

[19] C. Topper and L. J. Kasuga, Knowledge transfer for sustainable tree crop development. A case history of the Tanzanian integrated cashew management programme. *BioHybrids Agrisystems Limited,* pp. 229- 239, 2003.

[20] N. Seydou, M. C. Mohamed et D. Malaïny, Caractérisation des Plantations à base d'anacardier (Anacardium occidentale L.) dans le Balantacounda: cas des communes de Kaour, Goudomp et Djibanar (Casamance/Sénégal), *European Scientific Journal,* vol. 12, no. 13, 1857-7881, 2017.

[21] A. Saïdou, R. Tossou, D. Kossou, S. Sambieni, P. Richards and T. W. Kuyper, Land tenure and sustainable soil fertility management in Benin, International Journal Of Agricultural Sustainibility, vol. 2, et 3, no. 5, pp. 195-212, 2007a.

[22] A. Saïdou, S. Adjei-Nsiah, D. Kossou, O. S. Dawson et T. W. Kuyper, Sécurité foncière et gestion de la fertilité des sols : études de cas au Ghana et au Bénin. Cahiers Agricultures, vol. 5, no. 16, 405-412, 2007b.

[23] E. O. Uwagboe, S. O. Adeogoun and S. O. Odebode, Constraints of farmers in cashew production : A case study of Orire L. G. A. of Oyo state, Nigeria, ARPN *Journal of Agricultural and Biological Sciences*, vol. 4, no. 5, pp. 27-31, 2010.

[24] I. F. Olossoumaï et F. A. C. Agbodja, Plantation d'anacardier (*anacardium occidentale*) : production et commercialisation de noix cajou a igbomakro dans la sous-préfecture de Bassila. Mémoire- Projet de fin de cycle pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales (DEAT), 2001.

[25] P. Y. Adégbola, L. Oloukoï et H. C. Sossou, Analyse de la compétitivité de la filière anacarde au Bénin. Rapport technique final, PAPA/INRAB, Benin, 2005.

[26] N. Silué, S. Soro, T. Koné, K. Abo, M. Koné and D .Koné, Parasitical Fungi in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Orchard of Côte d'Ivoire. *Plant Pathology Journal*, vol. 2, no. 16, pp. 82-88, 2017.

[27] I. Wonni, D. Sereme, I. Ouedraogo, A. I. Kassankagno, I. Dao, L. Ouedraogo and S. Nacro, Diseases of Cashew Nut Plants (*Anacardium Occidentale L*.) in Burkina Faso. Advances in Plants Agriculture Research, vol. 3, no. 6, pp. 1-8, 2017.

[28] A. E. Dwomoh, B. J. Ackonor and J. V. Afun, Survey of insect species associated with cashew (Anacardium occidentale Linn.) and their distribution in Ghana. *Africain journal of Agricutural Research*, Vol. 3, no. 3, pp. 205 - 214, 2008.

[29] G. M. Ouattara, J-M. Coulibaly, H. Z. Seri, K. Soro, H. Coulibaly, L. F. Toure, S. et Kachelriess-Matthess, Entretien des parcelles. Guide pratique Anacarde. giz/ OLAM, 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1170-1179
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Nature minéralogique et niveau d'évolution d'un Cambisol développé sur schiste dans la région d'Azaguié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

[Mineralogical nature and evolution level of a Cambisol developed on schist in region of Azaguié, South-east of Côte d'Ivoire]

Kouadio Emile YOBOUE, Koffi Patrice KOUADIO, Ange Delwende Laurette KABORE, and Albert YAO-KOUAME

UFR STRM, Département des Sciences du Sol, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study was conducted on the site of the Institut des Nouvelle Technique Agricole d 'Azaguié in order to understand the role of minerals in assessing the level of soil evolution. To this end, a study of different soil fractions was carried out. Thus, a mineralogical study of the sandy fraction was carried out by sorting on a sieve column. Whereas the mineralogy of the total soil and the clay fraction were determined by X-ray diffractometry. The results obtained under this study reveal that in the sand fraction, quartz (over 50%) is the most abundant mineral at all topographic levels whereas iron oxides (hematit and martit) are observed only in mid and lower slopes. In total soil, clay (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) is observed at 4-19 %, oxides (goethite, quartz) with 67-91 % content and primary minerals (muscovite, feldspar) to 5-14 %. Whereas the clay fraction is only provided with kaolinite type clay (over 80%), smectite, chlorite and interlaminated (chlorite-smectite and illite-vermiculite) at about 5%. These soils are highly advanced due to their high kaolinite and mineral content, such as quartz and also the presence of hematite, goethite and martite. These mineralogical characteristics expose the soil to a depletion and a firing.

KEYWORDS: Cambisol, soil fraction, minerals, Azaguié, Côte d'Ivoire.

RESUME: Une étude a été menée sur le site de l'Institut des Nouvelles Techniques Agricole d'Azaguié dans le souci de comprendre le rôle des minéraux dans l'appréciation du niveau d'évolution des sols. Pour cela, il a été procédé à une étude de différentes fractions du sol. Ainsi, une étude minéralogique de la fraction sableuse a été réalisée par tri sur une colonne de tamis. Tandis que la minéralogie du sol total et de la fraction argileuse ont été déterminées par diffractométrie de rayons X. Les résultats obtenus aux termes de cette étude révèlent que dans la fraction sableuse des sols, le quartz (supérieur à 50%) est le minéral le plus abondant à tous les niveaux topographiques alors que, les oxydes de fer (hématite et martite) ne s'observent qu'en milieu et bas de versant. Dans le sol total, s'observent à la fois des minéraux argileux (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) à une teneur de 4-19%, des oxydes (goethite, quartz) avec une teneur de 67-91% et des minéraux primaires (muscovite, feldspath) à hauteur de 5-14%. Tandis que la fraction argileuse du sol est uniquement pourvue en minéraux argileux de type kaolinite (supérieur à 80%), smectite, chlorite et des interstratifiés (chlorite-smectite et illite-vermiculite) à environ 5%. Ces sols sont très évolués vu leur forte teneur en kaolinite et en minéraux peux altérables comme le quartz et aussi par la présence d'hématite, de goethite et de martite. Ces caractéristiques minéralogiques exposent le sol à un appauvrissement et à un cuirassement.

MOTS-CLEFS: Cambisol, fraction du sol, minéraux, Azaguié, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Kouadio Emile YOBOUE

1 INTRODUCTION

La caractérisation pédologique d'une région naturelle nécessite un effort d'investigation à la foi humaine, logistique, financière et scientifique [1]. Cet effort est d'autant plus important que la région étudiée est étendue et hétérogène et s'avère donc souvent difficile de mettre en œuvre une campagne d'étude pédologique à l'échelle régionale [2]. L'on se base très souvent sur des études plus ou moins ponctuelles et/ou généralement de diffusion restreinte, qui servent utilement de base à la connaissance régionale des sols [3]. Ainsi, la plupart des sols de grands domaines agricoles ou même de grands instituts se réclamant des spécialités des sciences du sol restent à ce jour encore inconnus. Pour pallier à cet état des faits dans la connaissance scientifique des sols, l'Institut des Nouvelles Techniques Agricoles (INTA) d'Azaguié a initié avec des laboratoires d'université des séances d'apprentissage et de recherches. Cependant, la plupart des travaux entrepris dans ce contexte par [4] et par [5] n'ont fait cas que des critères relativement simples telles que la couleur, la charge en éléments grossiers, la profondeur, la texture, le remaniement, pour en apprécier la qualité. Aucun de ces travaux ne soulève la question de l'influence des minéraux des sols dans la connaissance et l'appréciation des aspects morphologiques des sols. Créant ainsi des manquements dans la connaissance des sols du domaine d'exploitation de cet institut dont un des objets d'étude est le sol. Pourtant, bien de travaux scientifiques sur les sols évoquent le rôle des minéraux dans la connaissance et dans l'interprétation des données sur le sol selon [6]. C'est pour compenser ce manque d'informations dans la connaissance des sols de l'INTA que le présent travail s'applique à définir les différents minéraux observés dans les sols ainsi que leurs significations au cours des processus pédologiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

La zone de l'étude se trouve dans la région administrative de l'Agneby-Tiassa, dans le département d'Agboville, et précisement dans la sous-préfecture d'Azaguié (coordonnées 5°35' et 6°15' de latitude Nord et 3°55' et 4°40' de longitude Ouest) en zone forestière de la Côte d'Ivoire [7] (Figure 1). Le site étudié est celui de l'Institut de Nouvelles Techniques Agricoles (INTA) situé à 5 km d'Azaguié et repérable par les coordonnées 5°40'28'' de latitude Nord et 4°06'48'' de longitude Ouest.

2.2 CLIMAT ET VÉGÉTATION

Le climat de la région est de type équatorial dans la zone littorale et tropical humide de type Attiéen vers Agboville. Avec une température moyenne annuelle de 28°C, cette zone est caractérisée par quatre (4) saisons:

- Une grande saison sèche, de Décembre à Mars;
- Une grande saison des pluies, d'Avril à mi- juillet;
- Une petite saison sèche, mi- juillet à mi- Septembre et
- Une petite saison des pluies en mi- Septembre à Novembre.

La végétation varie de la forêt claire sur le littoral au Sud à la forêt dense sempervirente et ombrophile vers le Nord de la région selon [8].

2.3 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET RELIEF

La région renferme un réseau hydrographique très dense composé du fleuve Comoé et des rivières Mé et Agnéby ainsi que leurs affluents [8].

Le relief est faiblement ondulé (pénéplané) avec de nombreuses petites collines aux pentes faibles de moins de 5 % [9].

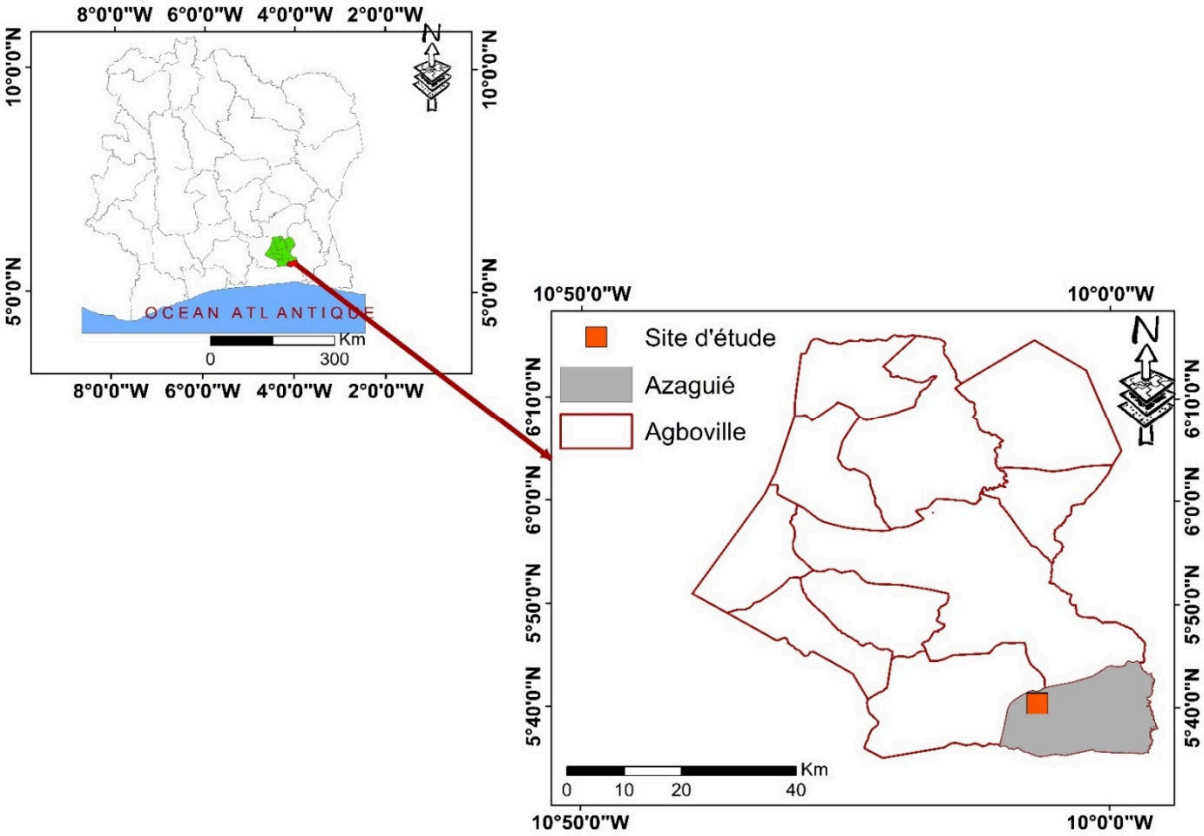


Fig. 1. Localisation de la Région de l'Agnéby-Tiassa et du site d'étude

2.4 GÉOLOGIE ET SOL

La géologie de la région est marquée par un ensemble formé de deux unités géologiques dont le bassin sédimentaire situé au Sud et le socle cristallin au Nord [10]. Le socle cristallin est constitué de formations birimiennes qui sont les schistes, les métaarénites et les métasiltstones dans lesquelles apparaissent en intrusions des granitoïdes éburnéens composés de gneiss, de granites, de granito-gneiss avec des auréoles de métamorphisme [8].

Au niveau pédologique, la plupart des sols de cette localité appartiennent à la classe des sols ferralitiques (Ferralsols) développés sur du schiste Birimien parfois bariolé riche en silice selon [11] ou encore du schiste vert [7].

2.5 CARACTÉRISATION MINÉRALOGIQUE

L'étude minéralogique a été appliquée à différents types d'échantillons pour une caractérisation plus aisée des sols observés.

2.5.1 LA FRACTION SABLEUSE DU SOL

Pour l'étude de la minéralogie de la fraction sableuse du sol, 50 grammes de sol sont lavés à l'eau savonneuse sur une colonne de trois tamis de mailles 2 mm, 1 mm et 500µm (de haut en bas). Les refus des différents tamis ont été récupérés dans des boites de pétris et séchés ensuite à l'étuve jusqu'à évaporation complète de l'eau. Les échantillons séchés sont pesés et triés à la loupe binoculaire. Cette dernière étape permet la séparation et l'identification des minéraux selon le critère de ressemblance en tenant compte de la forme, de la couleur, du degré d'altération, de la cassure etc. Pour chaque maille de tamis, le pourcentage (%) des minéraux est calculé par rapport à l'échantillon de l'horizon considéré selon la formule suivante :

Minéral (%) = $100*m_x/m_t$ où m_x = masse du minéral X et m_t = masse totale de l'échantillon considéré.

2.5.2 LE SOL TOTAL

La technique utilisée pour l'analyse du sol total a été calquée sur la méthode de [12]. Ainsi deux grammes de sols ont été prélevés et broyés dans un mortier en agate. La poudre de sol obtenue est ensuite tamisée à l'aide d'un tamis de 63 µm. Le passant est compacté dans le creux du porte-échantillon à l'aide d'une plaque de verre, puis analysé au DRX pendant 1h, dans un intervalle angulaire 2 Thêta (2 - 60).

2.5.3 LA FRACTION ARGILEUSE

Les échantillons de sols ont subi une série de traitement afin d'en extraire la fraction argileuse. En effet, la méthode procède d'abord à la décarbonation et à la destruction de la matière organique respectivement avec de l'acide chlorhydrique et l'eau oxygénée à 10%. Ensuite ces échantillons ont été lavés par plusieurs séries de centrifugation de 10 minutes à 2000trs /min. Pour le rinçage final, une centrifugation de 40 minutes à 3000trs/min a été nécessaire. Au terme de cette opération, les fractions argileuses ainsi extraites de ces sols ont été conservés dans des piluliers en vue de la confection des lames orientées. Pour ce fait, les piluliers sont agités à la main afin de mettre en suspension les minéraux argileux, puis laissés reposer pendant 50 minutes. On pipette ensuite les 2cm supérieur à partir de la surface du liquide. La solution d'argile ainsi prélevée est mise à sécher à l'air libre sur une lame de verre. Une fois séchée, la lame est analysée au DRX avant d'être placée en atmosphère saturée à l'éthylène glycol. Après la saturation des minéraux en 12heures, les lames sont à nouveau analysées au DRX puis chauffées au four à 500°C pendant 4 heures et analysées [12].

La détermination des minéraux argileux aux rayons X a été basée sur la connaissance de la distance réticulaire des plans (001) ou de leurs harmoniques (002), (003), et (004) qui sont des fractions entières de la distance basale (001). Les facteurs de correction des intensités selon [13] ont été utilisés pour la quantification de ces minéraux argileux.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION SABLEUSE DES SOLS ÉTUDIÉS

Les résultats de l'étude minéralogie de la fraction sableuse effectuée à la loupe binoculaire sur les refus des tamis 2 mm, 1 mm et 500 µm sont consignés dans le tableau I.

- Au sommet (S), la fraction sableuse du sol est constituée uniquement de quartz. Les quartz de 500 µm de taille ont été les plus abondants avec un pourcentage de 84,21 à 84,74 respectivement dans les échantillons E_{1S} et E_{2S}. Les mailles de 1 mm ne renfermaient que 15,25 à 15,75 % de quartz.
- Au milieu de versant (MV), le quartz a été également le minéral le plus abondant dans les mailles de 500 µm avec une concentration de 39,17 et 80 %. C'était le minéral le plus abondant à ce niveau topographique, mais moins abondant par rapport au sommet. Seul l'échantillon E_{2MV} contenait du quartz de 2 mm avec un pourcentage de 34,78. Les martites ont été présentes dans l'échantillon E_{1MV} dans la fraction de 500µm avec une teneur de 14,42 % et dans celle de 1 mm, estimés à 10,33 %.

L'hématite était présente mais avec une faible teneur estimée à 4,35 %, observée uniquement dans la maille de 500µm dans l'horizon E_{2MV}.

-Au bas de versant (BV), les quartz de la fraction 500µm ont été toujours les plus abondant (42,20 et 33,30 %). Le taux de quartz a été moins important par rapport à celui du milieu de versant. A cette position topographique, l'hématite et la martite n'ont été observées que dans les mailles de 500µm. La proportion de l'hématite a été plus importante à ce bas de versant qu'au milieu de versant avec des pourcentages de 28,49 et 33,33 % observées respectivement dans les échantillons E_{1BV} et E_{2BV}. Par contre, l'abondance des martites a été pratiquement identique à celle observée au milieu de versant avec 14,20 et 14,66 %.

En définitive, il ressort de l'étude de la fraction sableuse que trois types de minéraux ont été observés à savoir le quartz, l'hématite et la martite (Figure 2).



Fig. 2. Minéraux observés dans la fraction sableuse des sols étudiés

A= Quartz, B= martite et C= hématite

Tableau 1. Proportion minéralogique de la fraction sableuse du sol étudié

NT	Echantillons	Mailles	Minéraux observés		
			Quartz %	Hématite %	Martite %
S	E_{1S} (4/7cm-29/33cm)	2mm		-	-
		1mm	15,79		
		500µm	84,21		
	E_{2S} (29/33cm-83/88cm)	2mm			
		1mm	15,25		
		500µm	84,75		
MV	E_{1MV} (17cm-27cm)	2mm			
		1mm	25		10,33
		500µ	50		14,42
	E_{2MV} (58/59cm-108cm)	2mm	34,78		
		1mm	21,75		
		500µm	39,13	4,35	
BV	E_{1BV} (5cm-25cm)	2mm			
		1mm	15,19		
		500µm	42,20	28,49	14,20
	E_{2BV} (>25cm)	2mm			
		1mm	18,68		
		500µm	33,33	33,33	14,66

NT=niveau topographique, S=sommet ; MV=milieu de versant ; BV=bas de versant ; E= échantillon

3.2 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DU SOL TOTAL

Les résultats obtenus après analyse du sol total sont consignés dans le tableau II ci-après.

A l'observation de ce tableau, les minéraux identifiés dans le sol total étaient le quartz, la goethite, la muscovite, l'albite, la kaolinite, l'antigorite et l'interstratifié montmorillonite-chlorite. Ces différents minéraux ont été observés à différentes proportions selon le niveau topographique :

- Au sommet, s'observaient le quartz (91,10%), la muscovite (4,7%), la kaolinite (2,5%) et l'antigorite (1,7%). La goethite et l'albite existaient en trace tandis que la montmorillonite-chlorite était absente.
- Au milieu de versant, s'observaientt les mêmes minéraux qu'au sommet sauf en des proportions différentes de ceux-ci. Ainsi, pouvait se noter la présence du quartz (86,7%), de la muscovite (6,4%), de la kaolinite (3,2%) et de l'antigorite (3,7%).
- Au bas de versant, tous les minéraux étaient présents. Le quartz, la muscovite, la kaolinite et l'antigorite ont été estimés respectivement à 65,5 ; 10,7 ; 7,5 et à 6,3 %. La goethite, l'albite et la montmorillonite-chlorite, qui étaient en trace ou absents au sommet et au bas de versant ont été observés et respectivement à des proportions de 2,00 ; 3,2 et 4,8 %.

Tableau 2. Composition minéralogique du sol total

Niveaux Topographiques	Composition minéralogiques						
	Qtz	Goet	Musc	Alb	Kao	Ant	Mon-Chl
Sommet	91,10	Trace	4,7	Trace	2,5	1,7	0
Milieu de versant	86,7	Trace	6,4	Trace	3,2	3,7	0
Bas de versant	65,5	2,00	10,7	3,2	7,5	6,3	4,8

Goet=goethite, Musc=muscovite, Alb=albite, Kao=kaolinite, Ant=antigorite, Mon-Chl=montmorillonite-chlorite, Qtz=quartz

Il est aisé de comprendre que ces sols renfermaient des oxydes (quartz, goethite), des minéraux primaires (muscovite, albite) et des minéraux argileux (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) tel que présenté par la figure 3. Sur cette figure, au sommet de la colline, les minéraux argileux représentaient 4 % de la composition minéralogique et ont été dominés essentiellement par la kaolinite et l'antigorite. Les minéraux primaires identifiés étaient évalués à 5 % de la composition minéralogique globale et étaient dominés à plus de 73 % par la muscovite, l'albite existant en trace. Quant aux oxydes, évalués à 91% de la composition minéralogique globale, étaient quasi-totalement dominés par le quartz, avec des traces de goethite (Figure 3a). En milieu de versant, les minéraux argileux représentaient 7 % de la composition minéralogique globale et étaient dominés par la kaolinite. Les minéraux primaires représentant 6 % de la composition minéralogique globale, étaient essentiellement constitués de muscovite avec des traces d'albite. Les oxydes, estimés à 87 % de la minéralogie du sol total avec des traces de goethite, ont été fortement dominés par le quartz (Figure 3b).

En bas de versant, 19 % de la composition minéralogique globale étaient constitués des minéraux argileux dont la kaolinite représentait à elle seule plus de 40 %. Cependant, une remarque importante est à faire concernant l'augmentation des proportions d'antigorite (33%) et d'interstratifié montmorillonite-chlorite (27%). Les minéraux primaires représentaient 14 % de la composition minéralogique globale. Bien que dominés par la muscovite à plus de 82 %, ces minéraux primaires comptaient en ce bas de versant plus de 3 % d'albite. Pour ce qui est des oxydes, ils constituaient 67,5 % de la minéralogie du sol total et étaient dominés par le quartz à plus de 97 % auquel s'ajoutait la goethite (Figure 3c).

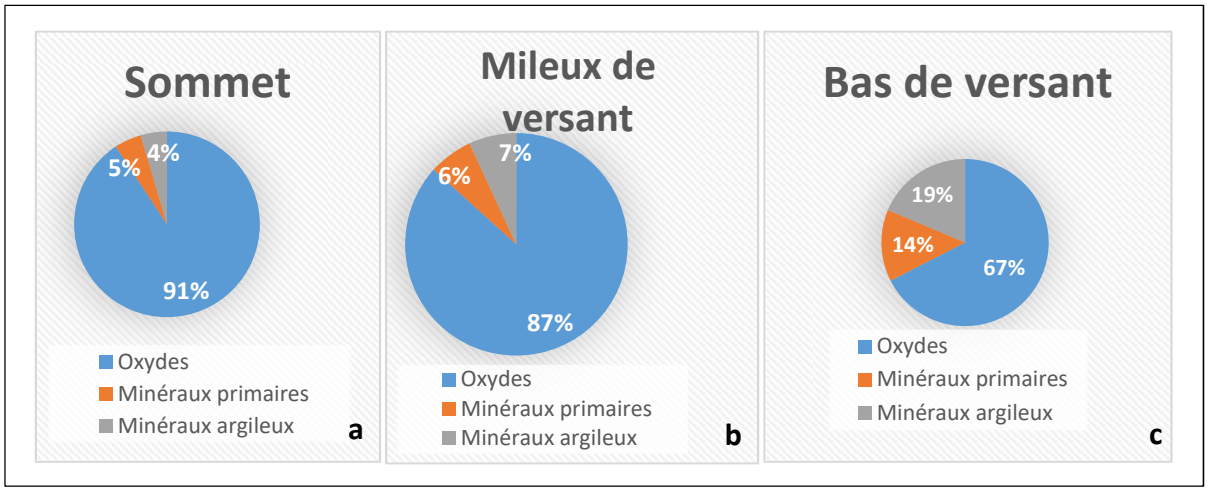


Fig. 3. Proportion des oxydes, des minéraux primaires et des minéraux argileux par niveau topographique.

3.3 EVOLUTION DE LA MINÉRALOGIE DU SOL TOTAL DU SOMMET AU BAS DE VERSANT

Suivant une observation dans le plan vertical, la figure 4 permet de comprendre la dynamique des différents minéraux depuis le sommet jusqu'au bas de versant. Sur cette figure, à part le quartz dont les teneurs diminuaient du sommet au bas de versant (37,4-35,6 et 27 %), tous les autres minéraux avaient leurs teneurs qui augmentaient du sommet au bas de versant. L'albite et la goethite, absents au sommet et en milieu de versant, se retrouvaient uniquement qu'au bas de versant.

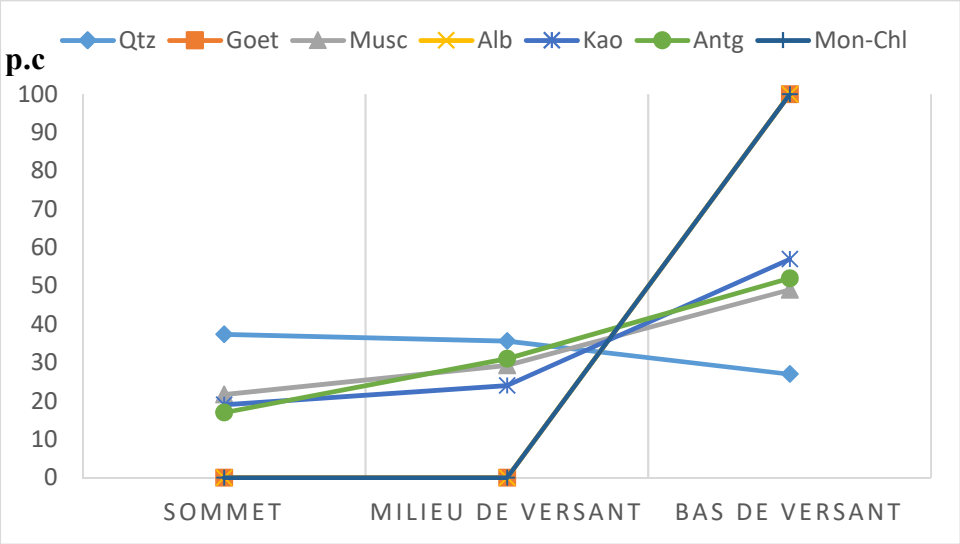


Fig. 4. Dynamique des minéraux du sol total le long de la toposéquence

Goet=goethite, Musc=muscovite, Alb=albite, Kao=kaolinite, Ant=antigorite, Mon-Chl=montmorillonite-chlorite, Qtz=quartz

3.4 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION ARGILEUSE

Les caractéristiques minéralogiques constatées au niveau de la fraction argileuse des sols sont récapitulés dans le tableau III. Le comportement des différents minéraux face aux différents traitements a été trouvé comme suit :

- **Kaolinite:** Les plans (001), (002) et (003) ont été respectivement représentés par les raies 7,2Å 3,6Å et 2,4 Å au normal et au glycol. Toutes ces raies ont disparu au chauffage à 600°C et la présence des raies 7,2Å 3,6Å et 2,4 Å ont confirmé la présence de la Kaolinite.
- **Illite-Vermiculite:** Aux sections (002), la raie 5Å ne varie pas aux différents traitements. On constate que les raies des différentes sections diminuent. La présence de l'Illite est confirmée par les raies 5Å. Aux plans (001) des traitements, les valeurs sont ramenées à 10 Å. Ce qui traduit le non gonflement et la consolidation du minéral à la raie 10 Å. Il s'agit donc de la Vermiculite K+. Le minéral interstratifié est Illite-Vermiculite.
- **Chlorite-Smectite :** À l'état naturel et au chauffage, les valeurs des plans (001), (002), (003) et (004) sont respectivement représentés par les raies de (14Å, 7Å, et 3,5Å). Au traitement avec le glycol, le plan (001) prend les valeurs 14-15Å et le plan (003) a une raie de 4,8Å, cette augmentation de la valeur de ces raies pourrait être due à la présence de l'argile gonflante (smectite). Aux sections (001), la raie 14Å à l'état normal et aux sections (004), la raie 3,5 Å au chauffage, caractérisent la chlorite. Il y a donc un minéral interstratifié : la chlorite-smectite.
- **Smectite :** A l'état naturel, les plans (001), (002), (003) et (004) sont respectivement représentés par les raies 15Å, 7,5 Å et 3,8 Å. Au traitement avec le glycol, les raies (001), (003) et (004) prennent respectivement les valeurs 17Å, 6,1Å, et 4Å. À l'ajout du glycol, on assiste à une augmentation des valeurs qui pourraient se traduire par la présence d'argile gonflante. Au chauffage, les valeurs de ces raies diminuent, il s'agit donc de la Smectite caractérisée par la raie 10Å.
- **Chlorite :** Ce minéral présente respectivement, selon les sections (001), (002) et (004), les raies 14 Å, 7 Å et 2,4 Å qui restent invariables quel que soit le traitement auquel l'échantillon est soumis.

Tableau 3. ***Tableau récapitulatif de l'identification des minéraux argileux***

Ech	ASQ	Position (d) en Å												Minéraux
		N				G				CH				
		001	**002**	**003**	**004**	**001**	**002**	**003**	**004**	**001**	**002**	**003**	**004**	
S	2,3%	19-17	9,8	7,3		**28-26**	**17**	**8,2**	**5,3**	17	12,5	4,3		Chlorite-Smectite
	3,7%	11,3-10	5	3,36		**11-10**	**5**	**3,3**		10,6-10	5	3,3		Illite/Vermiculite
	94%	7,2	3,6	2,4		**7,2**	**3,6**	**2,4**		7,2	3,6	2,4		Kaolinite
MV	1,6%	18-17	11,3	6,3		**32-25**	**17**			17	12	4,3		Chlorite-Smectite
	2,1%	14	7		2,4	**14**	**7**		**2,4**	14	7		2,4	Chlorite
	9,0%	11,3-10	5	3,36		**11-10**	**5**	**3,3**			10	5	3,3	Illite/Vermiculite
	87,2%	7,2	3,6	2,4		**7,2**	**3,6**	**2,4**		7,2	3,6	2,4		Kaolinite
BV	3,0%	15	7,5	5	3,8	**17**		**6,1**	**4,1**	10	5	2,5	2	Smectite
	6,1%	14	7	4,7	3,5	**14-15**		**4,8**	**2,4**	14	7	4,7	3,5	Chlorite-Smectite
	10,5%	11,4-10	5	3,36		**12-10**	**5**	**3,3**		11-10	5	3,3		Illite/Vermiculite
	80,4%	7,2	3,6	2,4		**7,2**	**3,6**	**2,4**		7,2	3,6	2,4		Kaolinite

N= normal ; G= glycérol ; CH= chauffage ; Ech= échantillons ; ASQ=analyse sémi-quantitative S=sommet ; MV=milieu de versant ; BV=bas de vesant

3.5 PROPORTIONS MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION ARGILEUSE

Quel que soit le niveau topographique, la fraction argileuse était composée uniquement de minéraux argileux. Elle était dominée en moyenne de 87,2 % de kaolinite et 5,53 % de minéraux interstratifiés (Montmorillonite-Smectite et Illite-Vermiculite).

Bien que la kaolinite soit le minéral argileux le plus abondant de ces sols, sa proportion diminuait des sommets (35%) aux bas de versants (30,7%) pendant que les interstratifiés chlorite-smectite (Chl-Sm) et illite-vermicullite (I-V) augmentaient au niveau des bas de versants. Ainsi les teneurs en Chl-Sm sont passées de 23 à 61% et celles de I-V de 15,9 à 45,3%. La chlorite et la smectite pures n'étaient observées respectivement qu'en milieu et bas de versant (Figure 5).

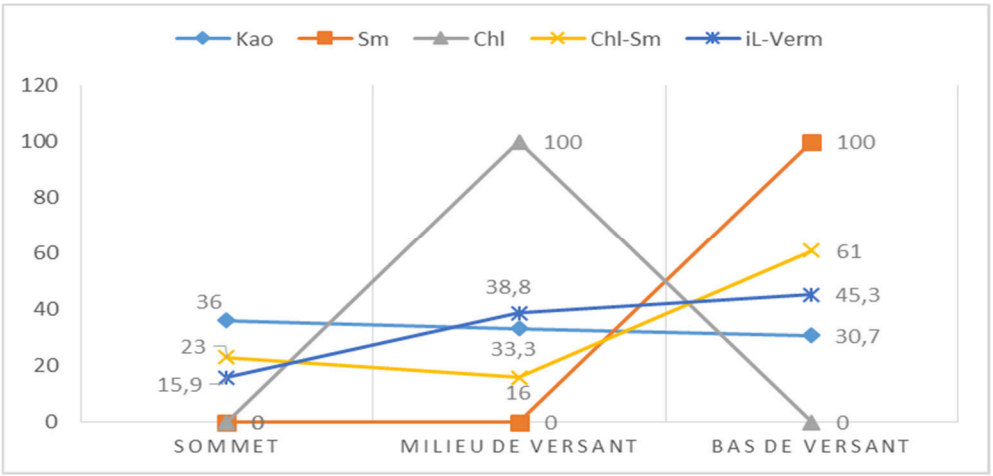


Fig. 5. ***Evolution des minéraux de la fraction argileuse du sommet au bas de versant***

(kao=kaolinite, Sm=smectite, Chl=chlorite, Chl-Sm=chlorite-smectite, iL-Verm=illite-vermiculite)

4 DISCUSSION

4.1 OCCURRENCES MINÉRALOGIQUES

Une grande différence minéralogique est observée au niveau des différentes fractions du sol. La fraction sableuse du sol contient du quartz, de la martite et de l'hématite. Le sol total présente en plus des ces oxydes, des minéraux primaires et des minéraux argileux. Mais quant à la fraction argileuse du sol, elle ne renferme que des minéraux argileux. Cette fraction argileuse du sol ne présente pas de quartz ; ce qui traduit que le quartz observé dans le sol total ne provient que des fractions sableuse et limoneuse des sols étudiés. D'ailleurs, c'est cette forte présence du quartz dans la fraction sableuse des sols qui explique la forte proportion d'oxydes exprimée dans le sol total. Une pareille observation a pu être faite dans les régions sahariennes sur schiste dans la formation des fech-fech. En effet dans ces formations, pendant que la teneur du quartz augmentait avec celle de la taille des particules dans certains cas, dans d'autres, si le maximum du quartz se situait dans la fraction limoneuse, la fraction argileuse en était moins bien pourvue selon [14]. Cette ségrégation dans la répartition du quartz dans le sol est aussi montrée par les travaux de [15].

4.2 MINÉRAUX ET ÉVOLUTION DES SOLS

Dans la fraction argileuse des sols comme dans le sol total, la kaolinite est le minéral argileux le plus abondant avec une teneur avoisinant au moins 80 %. Mais la forte présence du quartz (>60 %) dans le sol total et la faible proportion des autres oxydes et des minéraux primaires (<15%) permettent de dire avec [16] que les sols sont constitués d'une portion minérale qui renferme, principalement, des minéraux siliceux et argileux. La présence du quartz et de la muscovite qui sont des minéraux peu altérables d'une part, et de la kaolinite et des quelques oxydes d'autre part, emmènent à dire que les sols de l'INTA d'Azaguié sont des sols dont l'évolution est très avancée. Cette idée d'un stade d'évolution avancée des sols est aussi soutenue par la présence de la martite et de l'hématite dans la fraction sableuse du sol. Puisque, la martite est une forme altérée de la limonite pendant que l'hématite est la forme ultime de l'évolution des oxydes de fer dans le sol après un moment de forte insolation [17]. La présence de la kaolinite comme minéral argileux dominant permet de dire que le processus géochimie dominant dans ces sols est la monosiallitisation et qu'il s'agit d'un sol acide et pauvre en cation échangeables. Par ailleurs, la présence des interstratifiés illite-vermiculite et chlorite-smectite traduit bien l'idée du processus d'altération bisiallitique. La formation de ces derniers interstratifiés serait due à la transformation des feldspaths en perdant de la silice et des cations pour aboutir à la formation de minéraux argileux de type 2/1 comme le montrent les travaux de [18] et de [6]. La présence des interstratifiés ainsi que celle des quelques minéraux primaires (albite) identifiés témoignent d'un sol qui serait encore en pleine évolution ou encore influencé par la présence de la roche mère géologique qui continuerait de fournir ses minéraux au sol, bien que celui-ci soit déjà à un stade d'évolution assez avancé. Ce qui signifie que dans un sol, à côté du processus géochimique le plus dominant existeraient quand même d'autres processus de moindre importance. Vu la texture préférentiellement argileuse des sols selon [4] et la forte teneur des sols en argile kaolinique (>80 %), les sols de l'INTA d'Azaguié peuvent être définis comme appartenant à la classe minéralogique de type kaolinitique.

Par ailleurs, au niveau de la dynamique, les oxydes de fer, en l'occurrence la martite et l'hématite, observés dans la fraction sableuse du sol ne se trouvent qu'en positions topographiques de milieu de versant et de bas de versant. Ce dynamisme ne serait pas du fait d'une sédimentation de la fraction sableuse du sol observé aux niveaux situés plus haut mais, plutôt d'une action chimique liée aux variations saisonnières. En effet, cette présence du fer en cette position topographique découle de la migration du fer sous sa forme fer^{II} des niveaux les plus élevés (sommet) vers les milieux les plus bas (bas de versant) en période de saison pluvieuse et de l'immobilité de sa forme fer^{III} en périodes sèches. Cette dynamique des éléments a été aussi montrée par les travaux de [19] sur les sols brunifiés de Toumodi. Ce mouvement du fer dans le sol est donc influencé non seulement par le climat, mais aussi par la topographie [20]. D'ailleurs, l'influence de la topographie dans ce dynamisme est aussi montrée dans le sol total par l'augmentation des teneurs de tous les minéraux dans le sol du bas de versant.

Le caractère monosiallitique des sols et sa classe kaolinitique ainsi que la dynamique des différents minéraux montrent que les sols du site de l'INTA sont caractérisés par une variabilité minéralogique qui traduit leur niveau d'évolution.

5 CONCLUSION

Les sols du site de l'INTA d'Azaguié présentent une variabilité minéralogique en rapport avec la fraction de sol considérée. La fraction sableuse renferme le quartz, la martite et l'hématite. Le sol total est riche en quartz, en minéraux argileux 1/1 du type Kaolinite et antigorite, des interstratifiés et des minéraux primaires. La fraction argileuse, constituée que de minéraux argileux, est dominée par la kaolinite. La présence de ces minéraux, et leurs différentes significations dans le développement

des sols impliquent que les sols du site de l'INTA d'Azaguié sont très évolués, probablement acides et dont la mise en valeur nécessiterait beaucoup d'attentions.

REFERENCES

[1] S. Alongo, Viser, F. Kombele, G. Colinet et J. Bogaert, '' Propriétés et diagnostic de l'état agro pédologique du sol de la série Yakonde après fragmentation de la forêt à Yangambi, R.D.CONGO,'' Annale des instituts supérieurs d'études agronomiques, pp. 36-51, 2013.

[2] J.P. Trichet, C. Jolivet, D. Arreauys, D. Loustau et J. Ranger, ''Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive du pin maritime'' .E.G.S, 6 pp. 197-214, 1999.

[3] L. Augusto, V. Badeau, D. Arrouays, P. Trichet, J. L. Flot, C. Jolivet et D. Merzeau,'' Caractérisation physico-chimique des sols à l'échelle d'une région naturelle à partir d'une complication de données – Exemple des sols forestiers landais'' Etude et Gestion des sols, pp. 7-22, 2006.

[4] K. P. Allou, Quelques traits caractéristiques des sols d'une toposéquence du Sud-Est de la Côte d'Ivoire : cas d'Azaguié. Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Ufr STRM, 59p, 2017.

[5] K. S. Amani, Dynamique du remaniement du sol en zone de forêt : cas d'Azaguié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Ufr STRM, 63p, 2017.

[6] K. E. Yoboué, Etudes pédogéochimiques et minéralogiques des sols brunifiés dérivés des formations du complexe volcano-sédimentaire de Anikro et Kahankro (Toumodi) dans le centre sud de la Côte D'Ivoire. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre, Spécialité Pédologie, Université d'Abidjan-Cocody, 228p, 2010.

[7] E. Roose et J. Godefroy, ''Pédogénèse actuelle comparée d'un sol ferrallitique remanié sur schiste sous forêt et sous bananeraie fertilisée de basse Côte d'Ivoire : Azaguié, 1968-1973'' Cahier ORSTOM série pédologie. 15 (4), pp. 67-94, 1977.

[8] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro, N. Soro, et J. Biemi, ''Fonctionnement hydrodynamique des aquifères discontinus de la région d'Abidjan Agboville (Sud de la Côte d'Ivoire)'' International Journal of Geography and Geology, 18 p, 2013.

[9] Sodefor, Plan d'aménagement de la forêt classée de Yapo-Abbé : 1999-2023, version de septembre 1999, 141p, 1999.

[10] C. Delor, Y. Diaby, Y. SIMEON, J.-P. TASTET, M. VIDAL, J.-C. CHIRON et A. DOMMANGET, Notice explicative de la Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, Feuille Grand - Bassam. Mémoire de la direction de la Géologie, Abidjan, N°4 p 30, 1992.

[11] A. Tamia, R. Moreau, M. Fortier, et G. Yoro,'' Influence du travail du sol sur l'évolution physique d'un sol forestier ferrallitique après défrichement motorisé,'' Étude et gestion des sols. 6 (1) pp. 27-39, 1999.

[12] T. Medard, C. Noelia, F. Chritine, M. Nelly, Technique de préparation des minéraux argileux en vue d'une analyse par diffraction des rayons X et introduction à l'interprétation des diagrammes. Mines Paris., *Paris Tech.*n RT131010MTHI. CENTRE DE GEOSCIENCES. Écoles des mines de Paris, Fontainebleau, France. 34 p, 2013.

[13] J. Thorez, Practical identification of clay mineral: a handbook for teachers and students in clay mineralogy. Edition G. Lelotte, Dison, Belgique, 90p, 1976.

[14] G. Coudé-Gaussen, Les poussières sahariennes : cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléoenvironnements désertiques. Edition John Libbey Eurotext, pp. 360-371, 1991.

[15] D. Rousset, Etude de la fraction argileuse de séquences sédimentaires de la Meuse et du Gard. Reconstitution de l'histoire diagénétique et des caractéristiques physico-chimiques des cibles. Aspects minéralogiques, géochimiques et isotopiques. Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, Soutenue publiquement le 10 janvier 2002, pp 96-106, 2002.

[16] P. Nehlig, E. Egal, ''Géobiodiversité : l'influence de la géologie sur la biodiversité,'' Géosciences, pp.1-19, 2010.

[17] K. E. Yoboué, A. J. Bongoua-Devisme, K. P. Kouadio et A. Yao-Kouamé, ''Minéralogie de la fraction argileuse des sols brunifiés de Kahankro et Anikro (Toumodi) dans le Centre Sud de la Côte d'Ivoire,'' Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(3) pp. 1269-1280, 2014.

[18] H. Ben Hassine,'' Nature minéralogique et rôle nutritionnel des argiles de sols céréaliers en région subhumide à semi-aride (Tunisie),'' Geoscience 338, pp. 114-131, 2006.

[19] K. E. Yoboué, K. P. Kouadio, L. O. Blé, A. Yao-Kouamé, ''Caractéristiques morphopédologiques et géochimiques des sols brunifiés de Anikro et de Kahankro (Centre-Sud de la Côte d'Ivoire),'' European Scientific Journal edition Vol.14, No.3 pp. 281-300, 2018.

[20] Fox, Carrega, Morschel, Emsellem, La dégradation des sols dans le monde, 2008. http://unt.unice.fr/uoh/degsol/formation-sol.php (consulté le 12/09/2018)

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1180-1192
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Biodiversité et stocks de carbone dans les différents peuplements forestiers d'Isangi, RD Congo

[Biodiversity and carbon stocks in different forest stands from Isangi, DR Congo]

Célestin ADEITO MAVUNDA[1-2], Faustin BOYEMBA BOSELA[3], Adrien DJOMO[4], and John KATEMBO MUKIRANYA[1-2]

[1]Institut Supérieur d'Etudes Agronomique de Bengamisa, Section de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, B.P. 202 Kisangani, RD Congo

[2]Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier de l'Université de Kisangani à la Faculté des Sciences, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[3]Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[4]Université de Queen's, Département de Géographie, Kingston, ON K7L3N6, Canada

Copyright © 2019 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: *Description of the subject.* In tropical Africa, relations between biomass, diversity and floristic composition are poorly understood and rarely addressed in studies of forest ecology.
Objectives. The aim of this study carried out in the forest of Isangi (latitudes 00 °30' 00''N and 01°05'00''N and longitudes 23°40'00''E and 24°30'00''E) was to test the floristic, structural (density, basal area, diameter structure) variability and carbon stocks between the different forest types of the area and to analyze the relationship between biomass and species richness and species composition.
Methods. Data were recorded on trees with dbh ≥ 10 cm in 145 plots of 50 x 50 m² installed in different land use classes (fallow of different ages, secondary forest, mixed forest on dry land, mixed primary forest on hydromorphic soils and monodominant forest with *G. dewevrei*). Non-symmetric correspondence analysis (NSCA) allowed discriminating the floristic composition in different groups.
Results. This study showed the presence of floristic and structural variability and the difference in total biomass between the four forest types studied. There was also positive correlation between biomass and standardized species richness, density and basal area.
Conclusion. This study shows the importance of the upper stratum (dbh ≥ 30 cm) in the accumulation of biomass (about 85% of storage).

KEYWORDS: Floristic diversity, biomass, forest type, forest of Isangi, DR Congo.

RÉSUMÉ: *Description du sujet.* En Afrique tropicale, les relations entre la biomasse, la diversité et la composition floristique sont mal connues et rarement abordées dans les études d'écologie forestière.
Objectifs. Le but de cette étude était de tester dans la région forestière d'Isangi, (en République Démocratique du Congo) en évaluant la variabilité floristique, structurale et la biomasse forestière entre les différents types forestiers et ; d'analyser les relations entre la biomasse d'une part et la richesse et la composition spécifique d'autre part.
Méthode. Les mesures ont été effectuées sur les arbres à dhp ≥ 10 cm dans 145 parcelles de 50 x 50 m² installées dans les différents types forestiers (Jachères de différents âges, forêt secondaire, forêt primaire mixte sur terre ferme, forêt primaire

mixte sur terre hydromorphe et forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*). L'analyse non symétrique de correspondance (NSCA) a permis de discriminer les différentes formations forestières.
Résultats. Les résultats trouvés montrent la présence d'une variabilité floristique et structurale et la différence de biomasse entre les types forestiers étudiés. Cette étude montre aussi des corrélations positives entre la biomasse d'une part et la richesse spécifique standardisée, la densité (N/ha) et la surface terrière d'autre part.
Conclusion. Cette étude montre l'importance de la strate supérieure (dhp ≥ 30 cm) dans l'accumulation de la biomasse (près de 85 % de stockage).

MOTS-CLEFS: Diversité floristique, biomasse, type forestier, forêts d'Isangi, RD Congo.

1 INTRODUCTION

En Afrique tropicale humide, les forêts sont caractérisées par une diversité d'habitats structurés. Cette diversité entraîne une hétérogénéité floristique spatiale dans sa végétation forestière qui s'exprime dans une large mesure par des changements incessants dans la composition floristique et/ou dans la structure des espèces tant à l'échelle locale qu'à l'échelle régionale [1].

Dans cette hétérogénéité floristique et structurale, certains arrangements préférentiels sont facilement perceptibles, par exemple des groupements de types biologiques spécifiques : des groupements des arbres dans certaines positions topographiques ou physiographiques et même des groupements d'espèces dus à des biotopes particuliers [1].

De nombreuses études ont tenté d'expliquer les causes de cette diversité végétale à travers la prise en compte des facteurs tels que le climat, le sol, la dispersion de diaspores et le tempérament des espèces [2], [3] et [4].

Des études forestières réalisées dans le milieu tropical ont mis en évidence l'influence des propriétés du sol sur la répartition spatiale des espèces [5].

L'approche phyto-écologique, basée sur l'analyse de données floristiques, structurales ou sur une combinaison des deux, a permis d'identifier plusieurs types de facteurs expliquant l'hétérogénéité des forêts tropicales humides. Cependant, les facteurs écologiques (mode de dissémination, barrière écologique, types de substrats, microclimat…) sont considérés comme pouvant exercer une influence majeure sur la structure et la composition des peuplements à différentes échelles. Ceci a été vérifié pendant longtemps dans des systèmes fortement contrastés tels les sols hydromorphes et/ou inondables sur terre ferme [6] et [4].

La présente étude analyse la variabilité floristique et structurale (densité (N/ha), surface terrière, structure de diamètres) et des stocks de carbone entre les différents types forestiers. Elle compare aussi les relations qui existent entre la biomasse, et la richesse et la composition floristique dans ces formations forestières.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Cette étude a été menée dans la zone du Projet Pilote REDD Géographiquement Intégré d'ISANGI (PPRGII) située dans le territoire d'ISANGI, province de la TSHOPO de la République Démocratique du Congo, à 125 km à l'Ouest de la ville de Kisangani entre les latitudes 00 °30' 00''N et 01°05'00''N et longitudes 23°40'00''E et 24°30'00''E. La zone du projet est traversée par le fleuve Congo de l'Est-Ouest sur une distance de 96,6 km ; les rivières LOMAMI et LOKOMBE ont également leurs embouchures dans la zone du projet. La superficie de la zone du projet est de 2.850,97 km² (285.097 ha), soit 20,7 % de la superficie totale du Territoire d'ISANGI.

2.2 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

L'approche méthodologique de mise en place des parcelles d'inventaire était basée sur le protocole du projet REDD+ [7]. Les données de cette étude étaient récoltées dans145 parcelles de 50 m × 50 m reparties sur l'ensemble des strates forestières et non forestières de la zone du projet. L'échantillonnage était dirigé (orienté), puis aléatoire en tenant compte de l'hétérogénéité observée dans le massif forestier, de la superficie des strates, et des critères d'accessibilité et de

représentativité de la zone du projet. Ainsi sur les 145 parcelles, 62 (15,5 ha) se trouvaient dans la forêt dégradée (jachères de tout âge, forêt secondaire), 2 (0,5 ha) en forêt primaire mono-dominante à *G. dewevrei*, 19 (4,75 ha) en forêt primaire mixte sur terre ferme et 62 (15,5 ha) en forêt primaire mixte sur terre hydromorphe. Le nombre peu élevé de parcelles dans la forêt monodominante à *G.dewevrei* était dû à sa faible représentativité dans la zone d'étude. Ainsi, au total, 37 parcelles étaient sur la rive droite du fleuve Congo dans les forêts de LILANDA et 108 sur la rive gauche dans les forêts de YALOSUNA et YATUMBO (Figure 1).

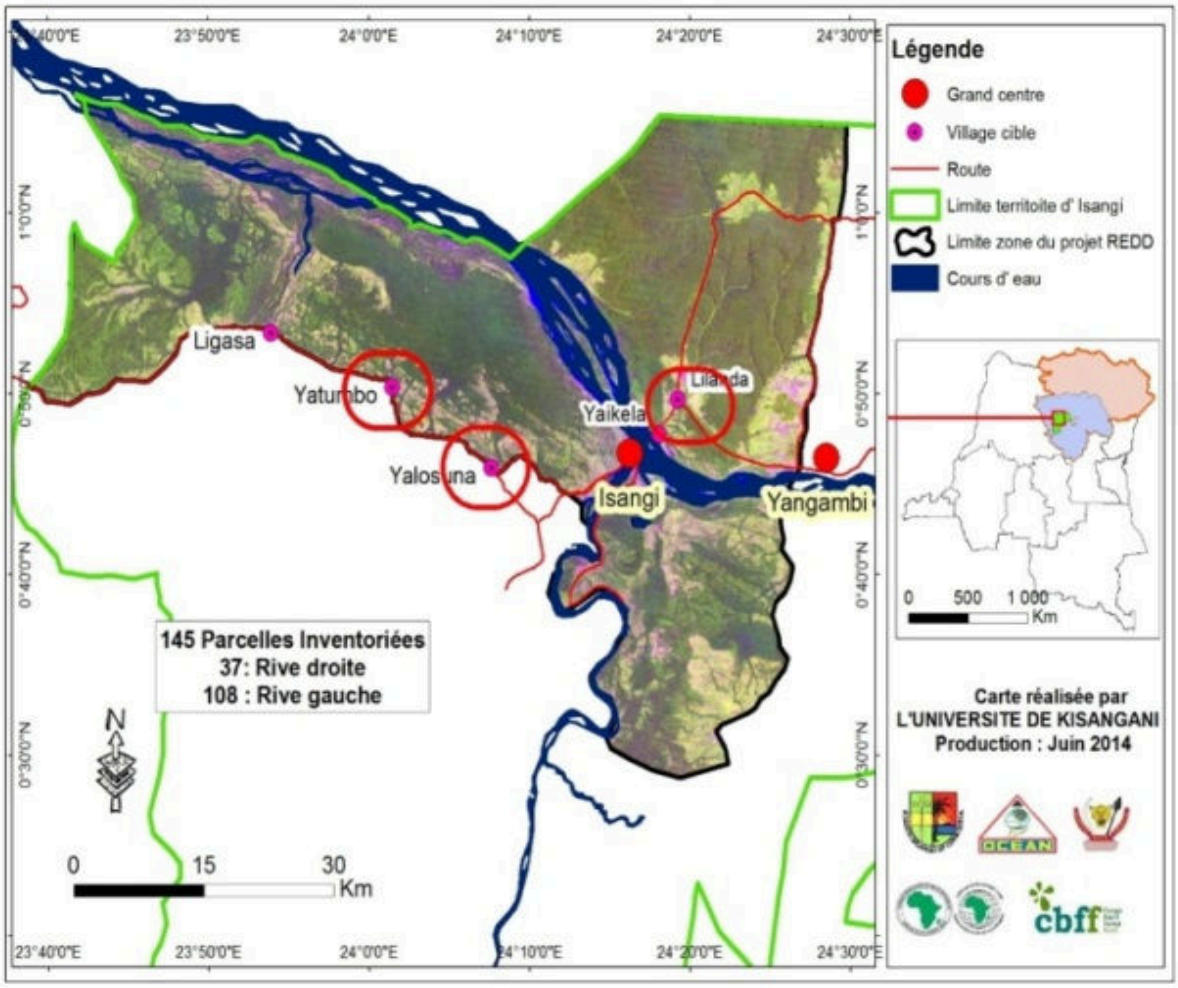


Fig. 1. Localisation des villages dans lesquels les 145 parcelles d'inventaire forestier ont été installées [7]

Tous les arbres à dhp ≥ 10 cm étaient identifiés et mesurés (circonférence), à 1,30 m du sol, ou le cas échéant, au-dessus des contreforts ou d'un gros défaut, à l'aide d'un ruban métrique. Le positionnement précis des parcelles était effectué à l'aide d'un GPS de haute précision (Garmin 60 CSX) aux quatre coins et au centre. Cela a permis notamment la reclassification de la parcelle dans chaque type de forêt.

La base de données internationale (DRYAD) fournit les densités spécifiques des bois d'espèces selon leur zone géographique [8]. Ainsi, dans le cadre de cette étude, la densité du bois à l'échelle du genre était estimée à partir de la moyenne de la densité du bois des espèces qui s'y trouvent [9] ou à partir de l'espèce [10]. Dès lors que les arbres inventoriés n'étaient pas identifiés ou si l'espèce relevée n'avait pas une densité connue, nous avons utilisé soit les informations taxinomiques connues (genre, famille, etc.) soit les données locales des densités de bois des arbres proches [11] et [12].

2.2.2 ANALYSE DES DONNÉES

Nous avons réalisé une analyse non symétrique de correspondance (NSCA) sur un tableau d'abondance croisant parcelles × espèces. La NSCA permet de déterminer les principaux axes de structuration et fournit ainsi une bonne approximation de la réponse des espèces à un facteur du milieu [13].

La formule suivante nous a permis de calculer la surface terrière (G) :

$$G = \frac{\pi D^2}{4} \quad [14]$$

Où G représente la surface terrière et D, le diamètre à 1, 30 m au-dessus du niveau du sol.

Pour caractériser certains paramètres structuraux, nous avons utilisé le box plot(x) ou boîte à moustaches ; cette boîte montre le premier et le troisième quartile de même que la médiane qui est illustrée par une ligne à l'intérieur de la boite ; les moustaches (whisker en anglais) montrent les valeurs des minimum et maximum. S'il y a des valeurs aberrantes ou 'outliers' sont illustrées au-dessus du maximum.

Afin de déterminer les espèces dominantes pour chaque formation d'étude, nous avons calculé l'Indice de Valeur d'Importance (IVI). Cet indice représente pour chaque espèce i, la somme de sa densité relative (DR), de sa dominance relative (DoR) et de sa fréquence relative (FR). Cet indice varie entre 0 et 300 ; permet de classer les espèces par ordre d'importance écologique en intégrant la fréquence, l'abondance et la dominance relative [15], [4] et [16]. Cet indice a été évalué en utilisant la formule ci-dessous :

$$IVI\ (i) = DR(i) + DoR(i) + FR(i)$$

L'indice de diversité (H') de [17] a été calculé pour chaque type forestier, enfin d'apprécier l'hétérogénéité et la diversité d'un biotope [18] en utilisant la formule H' = -Σ(ni/N) x ln(ni/N), où ni est le nombre d'individus d'une espèce i et N le nombre total d'individus de toutes les espèces du biotope considéré. L'équilibre entre les espèces, qui donne une valeur forte de H', est considéré comme caractéristique d'une bonne biodiversité, susceptible de se maintenir durablement [18].

Pour mesurer la diversité spécifique, l'indice de [19] a été utilisé [20]. Cet indice a été calculé avec la formule $D = \frac{\sum_{i=1}^{S} ni(ni-1)}{N(N-1)}$; où s représente le nombre total d'espèces, ni la fréquence de l'espèce i, N la somme des fréquences de toutes les espèces dans l'échantillon et D l'indice de Simpson.

L'indice de diversité alpha de Fisher (α) a été calculé afin de comparer la diversité de différents types forestiers de la zone d'étude et aussi pour comparer cette diversité avec d'autres peuplements étudiés par d'autres auteurs. Cet indice a l'avantage d'être peu sensible à la méthode d'échantillonnage et ne nécessite que la connaissance du nombre total d'individus et d'espèces d'une communauté forestière [21] et [4]. Il a été calculé à partir de la relation $S = \alpha \ln\left(1 + \frac{N}{\alpha}\right)$; où α représente la diversité alpha de Fisher, *N* le nombre d'individus, et *S* le nombre d'espèces.

Après avoir testé plusieurs modèles d'équations allométriques obtenus dans la littérature [8], [10] et [22] ; celle de [22] a été choisie ; le choix a été fait en utilisant une pénalisation sur le nombre de paramètres ayant pour variable indépendante le dhp et la densité du bois. Ainsi, l'équation allométrique ci-dessous a été utilisée pour l'estimation de la biomasse (AGB) :

$$(AGB)_{est} = \varphi * \exp\left(-1{,}183 + 1{,}940 * \ln(D) + 0{,}239 * (\ln(D))^2 - 0{,}0285 * (\ln(D))^3\right)$$

Où φ représente la densité spécifique et D le diamètre (dhp).

Pour tester les différences de biomasse entre les formations forestières étudiées, des analyses de variance à un seul facteur ont été effectuées. La différence significative entre les différents types forestiers était considérée lorsque la p-value était inférieure à 0,05.

3 RESULTATS

3.1 ANALYSE FLORISTIQUE

3.1.1 PEUPLEMENTS FORESTIERS IDENTIFIÉS

Suite à une analyse non symétrique de correspondance (NSCA), quatre types forestiers s'individualisent. Il s'agit de la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt mono-dominante à *G. dewevrei* et la forêt dégradée. (Figure 2).

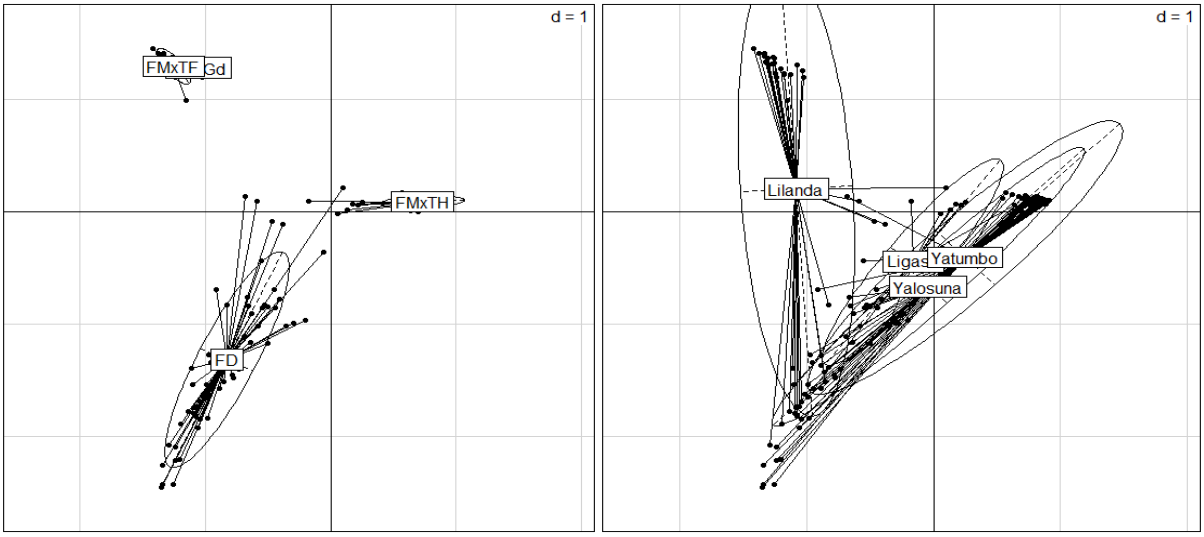


Fig. 2. Ordination NSCA des types forestiers étudiés.

3.1.2 RICHESSE FLORISTIQUE

LES ESPÈCES REPRÉSENTATIVES

Au total 13659 individus ont été inventoriés dont, 2346 pour les forêts primaires mixtes sur terre ferme, 7587 pour les forêts primaires mixtes sur terre hydromorphe, 175 pour les forêts primaires mono-dominantes, 3551 pour les forêts dégradées. Ils sont répartis respectivement dans 151, 184, 28 et 201 espèces selon l'ordre précédent des formations forestières étudiées.

Tel qu'il apparait dans le Tableau 1 ci-dessous, les espèces les plus importantes suivant le IVI sont *Scorodophloeus zenkeri* (30,49), *Entandrophragma palustre* (34,99), *G. dewevrei* (102,08) et *Hymenocardia ulmoides* (20,04), respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *G. dewvrei* et la forêt dégradée.

Tableau 1. Tableau ressortant les cinq espèces les mieux représentées dans les différentes formations étudiées. Sp= espèces, AbRel= Abondance relative, DoRel= Dominance relative, FR= Fréquence relative, IVI= Indice de Valeur Importante.

Forêt primaire mixte sur terre ferme				
Nom de l'espèce	**AbRel (N/ha)**	**DoRel (m^2/ha)**	**FR (%)**	**IVI**
Scorodophloeus zenkeri	8,35	19,85	2,29	30,49
Cola griseiflora	19,01	5,30	2,41	26,73
Panda oleosa	4,01	4,85	2,41	11,27
Grossera multinervis	6,27	2,48	2,03	10,78
Greenwayodendron suaveolens	4,31	6,40	1,91	12,61
Forêt primaire mixte sur terre hydromorphe				
Entandrophragma palustre	10,35	21,21	3,43	34,99
Carapa procera	13,40	10,11	3,74	27,25
Coelocaryon botryoides	12,43	8,43	3,68	24,54
Symphonia globulifera	4,23	12,24	3,49	19,97
Pycnanthus marchalianus	2,43	6,07	2,81	11,30
Forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*				
Gilbertiodendron dewevrei	33,71	62,48	5,88	102,08
Scorodophloeus zenkeri	13,71	11,45	5,88	31,05
Prioria oxyphylla	8,57	10,23	5,88	24,68
Monodora angolensis	9,71	1,80	5,88	17,40
Garcinia epunctata	8,57	1,30	5,88	15,76
Forêt dégradée				
Hymenocardia ulmoides	9,41	8,65	2	20,04
Musangace cropioides	6,22	8,23	2,8	17,27
Macaranga monandra	5,10	3,44	3,8	12,29
Macaranga spinosa	5,35	3,54	3,2	12,13
Cecropia leucocoma	5,66	2,68	2,3	10,63

LES FAMILLES REPRÉSENTATIVES

Les familles les plus représentées en espèces en fonction des différents types forestiers inventoriés sont présentées dans la figure 3 ci-dessous. Cette figure montre que les familles les plus représentatives sont Malvaceae (21%), Meliaceae (25%), Fabaceae (40%) et Euphorbiaceae (17%) respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt monodominante à *G. dewevrei* et la forêt dégradée.

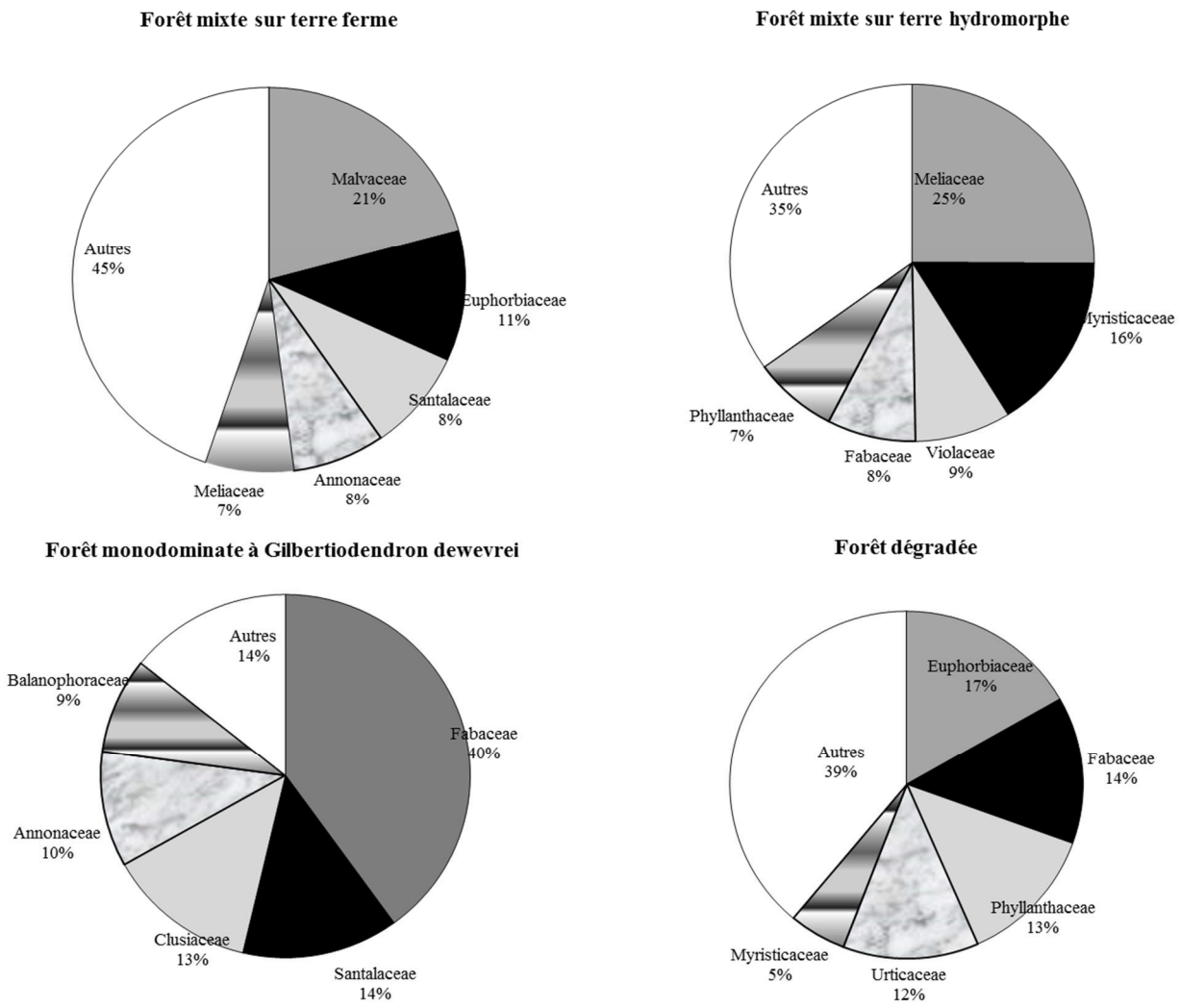


Fig. 3. Les cinq familles les mieux représentées dans chaque type forestier étudié.

INDICES DE DIVERSITÉ

Les indices calculés pour chaque type forestier de la zone d'étude montrent que spatialement la diversité spécifique est élevée sauf pour la forêt monodominante à *G.dewevrei* (Tableau 2). La diversité la plus forte est observée dans la strate dégradée et la plus faible dans la Forêt monodominante à *G.dewevrei*. Les strates forêt mixte sur terre ferme et forêt mixte sur terre hydromorphe ont des indices de diversité relativement similaires.

Tableau 2. Indices de diversités calculés pour chaque type forestier de la zone d'étude. T.F : Type Forestier ; Ha : Hectare ; N. Ind : Nombre d'individus ; N.S : Nombre d'espèce ; H' : Indices de diversité de Shannon ; D : Indice de diversité de Simpson ; S : Indice de diversité alpha de Fisher (α) ; F_D : Forêt dégradée ; F_MoGd : Forêt monodominante à G.dewevrei ; F_MxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F_MxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

T.F	Ha	N.Ind.	N.S	N.Genres	N.Famille	H'	D	S
F_MxTF	4,75	2357	148	97	34	3,8	0,97	35,11
F_MxTH	15,5	7586	180	120	38	3,5	0,94	33,09
F_MoGd	0,5	174	25	23	14	2,3	0,84	8,00
F_D	15,5	3542	198	145	44	4,2	0,97	45,29

3.2 STRUCTURE DES PEUPLEMENTS FORESTIERS ÉTUDIÉS

3.2.1 DENSITÉ DE PEUPLEMENT ET SURFACE TERRIÈRE

Les densités de peuplement et les surfaces terrières obtenues dans les différents types forestiers de la zone d'étude sont de 494 individus/ha, 490 individus /ha, 350 individus /ha et 229 individus /ha et respectivement 34,37 m²/ha, 34,12 m²/ha, 34,12 m²/ha et 7,51 m²/ha dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *G. dewevrei* et forêt dégradée.

La figure 4 (A et B) montre la dispersion des valeurs de densité et de surface terrière pour chaque type forestier étudié. De cette figure, il ressort qu'il y a une forte variabilité de la densité et de la surface terrière au sein des parcelles d'une même formation et d'une formation à une autre dans cette zone forestière.

3.2.2 STRUCTURE DIAMÉTRIQUE

L'analyse de la structure diamétrique des différents types forestiers de la zone d'étude montre que la distribution suit la forme J renversée, montrant que le nombre de tiges à l'hectare est élevé pour les petits arbres et diminue à mesure que le diamètre augmente (Figure 5A).

3.3 ESTIMATION DE LA BIOMASSE

L'estimation de la biomasse dans les différents peuplements se présente comme suit : 67,77 ± 98,16 t/ha pour la forêt dégradée, 562,83 ± 82,87 t/ha pour la forêt monodominante à *G. dewevrei*, 407,93 ± 75,54 t/ha pour la forêt mixte sur terre ferme et de 401,96 ± 113,998 t/ha pour la forêt mixte sur terre hydromorphe. L'analyse statistique montre une différence significative de biomasse entre les différents types forestiers identifiés (F = 130,45 ; ddl = 3 ; p-value = 2,2E-16***). Le box and whisker displays montre une forte variabilité de la biomasse au sein d'un même type forestier et entre les différents types forestiers étudiés dans cette zone forestière (Figure 4C).

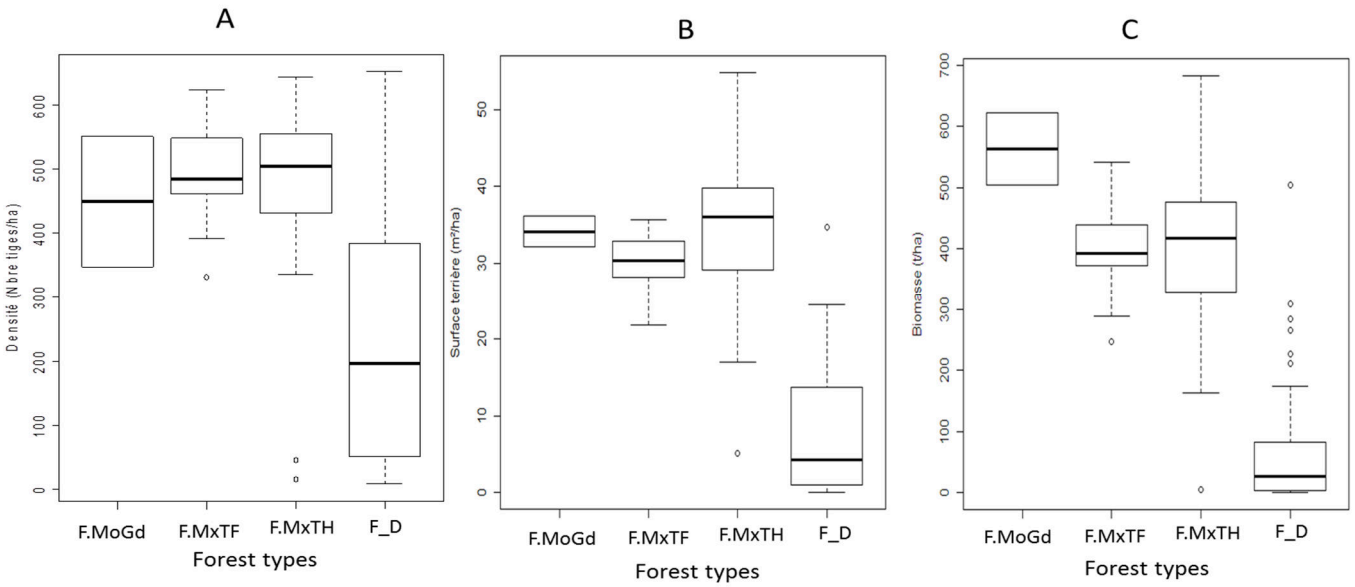


Fig. 4. Dispersion de la densité N/ha (A), de la surface terrière m²/ha (B), et de la biomasse t/ha (C) pour les types forestiers étudiés (F_D : Forêt dégragée ; F.PMoGd : Forêt monodominante à G.dewevrei ; F.MxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F.MxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe).

3.3.1 DISTRIBUTION DE LA BIOMASSE

La distribution de la biomasse dans les différentes classes de diamètre montre une variation dans les peuplements étudiés. La Figure 5b montre que dans les quatre types forestiers étudiés, la biomasse croit avec l'augmentation du diamètre excepté la forêt dégradée. L'analyse comparative de la classe de dhp≥ 30 cm montre une accumulation importante de la biomasse dans

la strate supérieure. Bien que le nombre de tiges à l'hectare soit très élevé dans les classes de dhp≤ 30 cm, la biomasse est très faible dans ces classes.

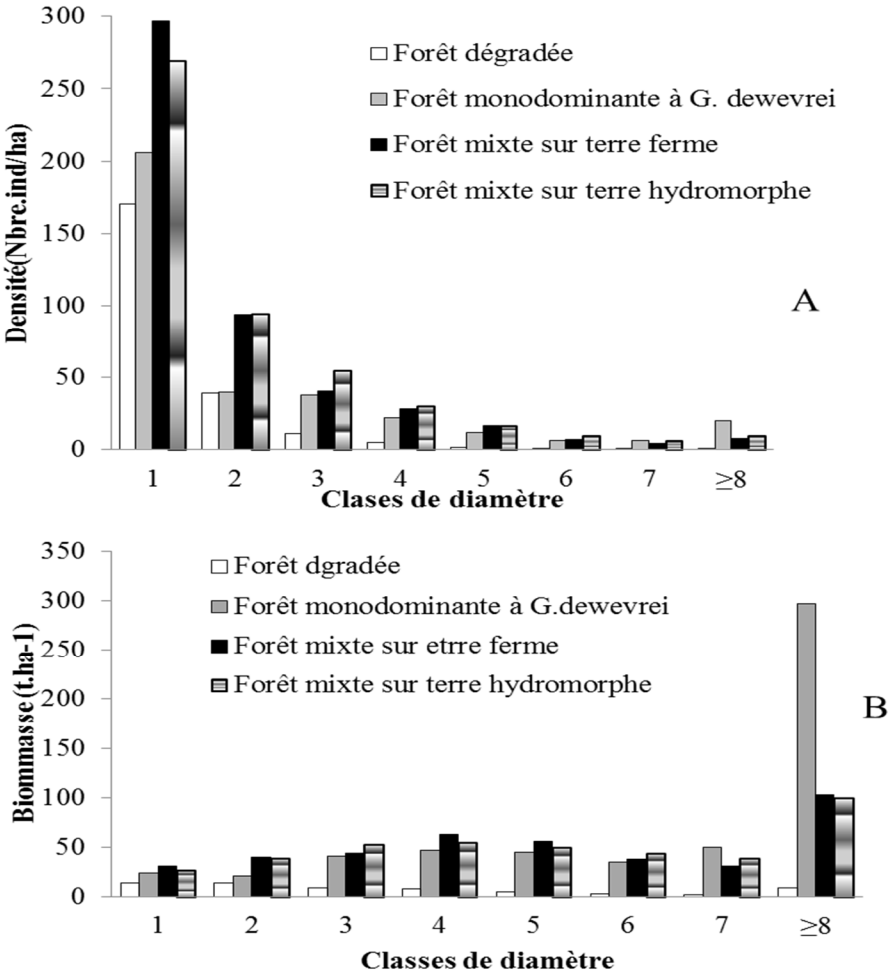


Fig. 5. Distribution de la structure diamétrique (A) et de la biomasse aérienne totale (B) en classes de diamètre dans les types forestiers étudiés (Classe 1 : 0-10cm, 2 : 10-20cm, 3 : 20-30cm, 4 : 30-50, 5 : 50-60cm, 6 : 60-70cm, 7 : 70-80cm et ≥8 : 80-160cm de dbh).

3.4 ETUDES DES CORRÉLATIONS

Les figures ci-dessous montrent une corrélation positive entre la biomasse et la richesse spécifique (Figure 6A), la biomasse et la densité (N/ha) (Figure 6B) ainsi que la biomasse et la surface terrière (Figure 6C). La corrélation est plus forte entre la biomasse et la surface terrière tandis qu'entre la biomasse et la richesse spécifique standardisée elle est plus faible.

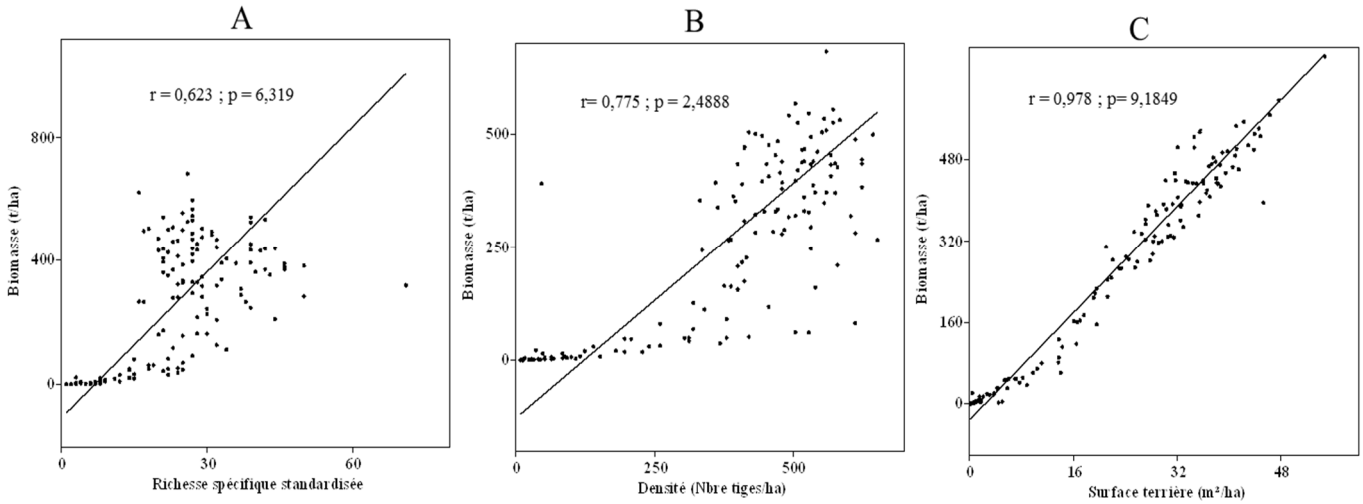


Fig. 6. Corrélation entre la biomasse aérienne totale (t/ha) et la richesse spécifique standardisée (A), la densité (B) et la surface terrière (C)

4 DISCUSSION

4.1 VARIABILITÉ FLORISTIQUE ET STRUCTURALE

4.1.1 VARIABILITÉ FLORISTIQUE

Dans l'ensemble des peuplements forestiers, 296 espèces dans 52 familles ont été inventoriées. Ce résultat est similaire à d'autres études en zone tropicale humide. En effet, [23] a inventorié dans les peuplements hétérogènes de Yoko en RD Congo, 183 espèces et 37 familles. Dans la forêt de terre ferme de l'île Mbiye en RD Congo, [24] a recensé 183 espèces alors que [25] a inventorié, sur une superficie de 3 ha dans la forêt secondaire vieille de Masako, 143 espèces regroupées en 34 familles. En République Centrafricaine, [6] a inventorié 666 espèces et 99 familles dans le dispositif de Mbaïki sur 32 ha ; et dans la forêt de terre ferme au sud-est du Cameroun, [26] a obtenu 321 espèces appartenant à 54 familles.

IVI montre la dominance de certaines espèces dont *G. dewevrei* (102,08), *E. palustre* (34,99)*, S. zenkeri* (30,49)*,* et *H. ulmoides*(20,40)*,* respectivement dans la forêt monodominante à *G. dewvrei,* la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt mixte sur terre ferme, et la forêt dégradée. Les familles dominantes sont celles de Fabaceae (40 %), Meliaceae (25 %), Malvaceae (21 %), et Euphorbiaceae (17 %) respectivement dans la forêt monodominante à *G. dewvrei,* la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt mixte sur terre ferme, et la forêt dégradée. Cette variation de la dominance d'un peuplement à l'autre est conforme avec d'autres études. En Côte d'Ivoire, [27] a montré que la famille dominante dans sa zone d'étude est celle des Fabaceae. Par contre, dans les forêts sud-américaines, les données compilées de divers auteurs par [28] cité par [27] font état des Moraceae comme famille dominante, suivie des Chrysobalanaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Lecythidaceae et enfin Fabaceae. Généralement, la diversité spécifique d'une forêt varie avec la surface et le type de peuplement considéré. A l'échelle locale et dans les forêts monodominantes, cette diversité est plus faible qu'à grande échelle et dans les forêts hétérogènes ou mixtes. Les forêts les plus riches au niveau spécifique, sont également au niveau des familles [29]. Néanmoins, au sein d'un même peuplement forestier, les facteurs écologiques (édaphiques, anthropiques et certaines barrières naturelles) induisent souvent des variabilités dans la composition floristique. Ceci est régulièrement perceptible le long d'un transect traversant des milieux édaphiques souvent contrastés. En Inde, par exemple, [30] a observé sur 5 km de distance au sein d'une même forêt, une réduction de hauteur du peuplement de 10 m et la disparition d'un niveau structural, ce qui peut bien induire une modification aussi bien floristique que structurale de cette forêt.

Pour cette étude, la diversité la plus forte est observée dans la strate dégradée et la plus faible dans la Forêt monodominante à *G. dewevrei* . Ceci serait dû au fait que dans la strate à *G. dewevrei*, le nombre des parcelles inventoriés était trop petite que dans les autres types forestiers et aussi parce que cette formation forestière est dominée par l'espèce *G. dewevrei*. La forte diversité dans la strate dégradée serait dû à un recrutement fortement diversifié suite à la perturbation du couvert forestier. La perturbation du climat, la pression anthropique et l'abondance des rivières dans la région forestière d'Isangi peut aussi être à la base de cette différence floristique induite à la différenciation des peuplements forestiers.

4.1.2 VARIATION DE LA STRUCTURE

Dans les forêts tropicales, les densités des arbres d'au moins 10 cm de dhp varie entre 300 et 800 arbres/ha [31], [26] et [15]. Les densités moyennes dans les différents peuplements d'inventaire de la présente étude ne sont pas différentes de celles observées dans le domaine Guinéo-congolais [32] [33] et [26]. Les moyennes de densité obtenues dans nos différentes formations végétales sont de 494 arbres/ha, 490 arbres/ha, 350 arbres/ha et 229 arbres/ha respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt monodominanate à *G. dewevrei* et la forêt dégradée. Les moyennes de densité obtenues dans les parcelles d'un type forestier varient aussi. Ceci montre la variabilité de la densité au sein d'un même peuplement et entre les types forestiers différents.

Les moyennes de surface terrière (dbh≥10 cm) obtenues dans la présente étude sont de 34,37 m²/ha, 34,12 m²/ha, 34,12 m²/ha et 7,51 m²/ha respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, la forêt monodominanate à *G. dewevrei* et la forêt dégradée. La strate dégradée était constituée en majeure partie des de jachère et aussi des forêts secondaires. Les jachères avaient de petits arbres de dbh < 10cm ce qui expliquent une différence de surface terrière significative aux autres. La surface terrière des strates arborescentes (dhp ≥ 10 - 30 cm) dans les forêts tropicales est comprise entre 27 et 32 m²/ha [26]. Elle augmente généralement des strates dominées vers les strates dominantes. Dans les différents types forestiers étudiés, la surface terrière des arbres de dhp compris entre 10 et 30 cm représente relativement la même proportion que celle des arbres au-dessus de 30 cm. Ceci démontre qu'il y aurait une bonne reconstitution de la forêt étudiée si la forêt n'est pas fortement perturbée ou alors, s'il n'y a pas une exploitation excessive de certaines espèces.

La structure diamétrique dans nos types forestiers montre que les individus de petite taille sont beaucoup plus nombreux. Cette distribution a globalement la forme de « J renversée », fréquemment rencontrée dans les forêts naturelles tropicales [16]. La forêt monodominante à *G. dewevrei* présente une abondance de tiges de gros diamètre, ce qui la différencie des autres formations ; Cette abondance pourrait être expliquée clairement par la présence d'un gradient de conditions écologiques plus favorables pour ce peuplement.

4.2 VARIATION DE LA BIOMASSE

Dans les peuplements étudiés notamment la forêt monodominante à *G.dewevrei*, la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, la biomasse a des valeurs relativement proches respectivement 563 t/ha, 408 t/ha et 402 t/ha. La biomasse de la forêt dégradée 68 t/ha contraste avec celle de ces peuplements forestiers, ce qui montre une forte action humaine dans ce peuplement. En dehors des forêts dégradées, ces valeurs sont relativement le double des estimations des études de [15] dans une forêt tropicale humide du Cameroun qui a reporté des biomasses variant de 126 à 250 t/ha. Cette différence importante pourrait être aussi due aux équations allométriques utilisées dans ces deux études. En effet l'étude de [15] utilise l'équation locale intégrant le diamètre, la hauteur et la densité spécifique avec une distribution diamétrique comprise entre 1 – 71cm ce qui pourrait sous-estimer les gros arbres. Dans la présente étude, l'équation utilisée n'intègre pas la hauteur ce qui pourrait aussi créer des surestimations [34]. En dehors de la forêt dégradée, les biomasses aériennes de la présente étude sont presque similaires aux valeurs obtenues dans d'autres études [35].

La biomasse souterraine n'a pas été mesurée dans cette étude mais a été estimée à partir de travaux publiés. Dans huit études réalisées dans les forêts néo-tropicales et dans les caraïbes examinées par [36], la biomasse racinaire est de 21% en moyenne (intervalle de 13 à 34%) de la biomasse aérienne. En utilisant cette valeur moyenne, la biomasse des racines dans les différents types forestiers de cette étude serait en moyenne de 118 t/ha, 86 t/ha, 84 t/ha, et 14 t/ha, respectivement dans la forêt monodominante à *G. dewevrei*, la forêt mixte sur terre ferme, la forêt mixte sur terre hydromorphe, et la forêt dégradée.

4.3 RELATIONS BIOMASSE-RICHESSE SPÉCIFIQUE, DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE

Dans le but d'évaluer la corrélation entre biomasse-richesse spécifique, biomasse-densité et biomasse-surface terrière ; des tests de corrélation ont été effectué pour l'ensemble des peuplements. Dans l'ensemble, les corrélations sont positives, ce qui montre qu'il existe des relations entre la biomasse, la richesse et la composition spécifique. La corrélation la plus forte est entre la biomasse et la surface terrière (r = 0,978). Ceci pourrait se justifier par le fait que l'estimation de la biomasse a été effectuée avec la formule de [22] ayant pour variable indépendante le dhp qui est corrélé à la surface terrière. Par ailleurs, cette corrélation positive entre la biomasse et la surface terrière est en conformité avec les résultats de l'étude [37] dans les forêts matures du massif de Ngovayang. Par contre la corrélation positive de cette étude entre biomasse-richesse spécifique, biomasse-densité contraste avec les résultats de [37] qui trouve des corrélations négatives. Cette différence pourrait se justifier par le fait que l'étude de [37] a utilisé 15 parcelles de 1 ha installés dans deux zones phytogéographiques différentes tandis que la présente étude a utilisé 145 parcelles de 50 m x 50 m dans une même zone phytogéographique.

5 CONCLUSION ET SUGGESTION

La variabilité observée dans la structure des formations forestières étudiées montre l'importance de la strate supérieure (arbres à dhp ≥ 30 cm) dans l'accumulation de la biomasse, avec près de 85 % de la biomasse épigée stockée pour chacune des formations étudiées. L'approche par analyse non symétrique de correspondance (NSCA) utilisée dans la présente étude pour illustrer les affinités floristiques entre les parcelles proches et distantes a permis de tirer les conclusions sur les variations dans la composition floristique de différents types forestiers issues d'une même zone phytogéographique. Cette étude recommande d'utiliser cette approche pour mieux apprécier les affinités floristiques de différents groupes d'espèces. Ce travail a aussi permis de noter l'existence d'une corrélation positive entre la biomasse et la richesse spécifique standardisé, la biomasse et la densité (N/ha) et aussi entre la biomasse et la surface terrière.

Cette étude suggère qu'il est nécessaire de standardiser davantage les protocoles en termes d'installation des parcelles forestières et les équations allométriques utilisées pour un meilleur suivi de la biomasse épigée et pour faciliter les comparaisons entre les différentes formations forestière de la région.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les acteurs techniques et financiers des Institutions de mise en œuvre du Projet Pilote REDD Géographiquement intégré d'Isangi (PPRGII) : le Fonds pour les Forêts du Bassin du Congo (FFBC), la Bank Africaine de Développement (BAD), le Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MEDD) à travers la Coordination Nationale REDD+ (CN REDD - RDC) ainsi que l'Université de Kisangani.

Les remerciements s'adressent aussi au Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier (LECAFOR) de l'Université de Kisangani qui a assuré l'encadrement scientifique de cette étude.

REFERENCES

[1] Fournier F. et Sasson A.,1983. *Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique*.ORSTOM – UNESCO ; Paris : ORSTOM.

[2] Molino J.F. et Sabatier D., 2001. Tree diversity in tropical rain forest: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. *Science*, 294, 1702-1704.

[3] Torti S.D., Coley P.D. et Kursar T.A., 2001. Causes and Consequences of Monodominance in Tropical Lowland Forests.*The American naturalist*, 157(2),13p.

[4] Boyemba B.F., 2011. *Ecologie de Pericopsiselata(Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée*. Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Bruxelles (Belgique).

[5] Amani I.A.C., 2011.*Vegetation patterns and role of substrate heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo basin*.Thesis: Université Libre de Bruxelles, Bruxelles (Belgium).

[6] Beina D., 2011. *Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de Mbaïki, République Centrafricaine. Etude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole*. Thèse doctorale : Université de Picardie, Paris, (France).

[7] REDD, PPRGII. ; 2013. Measuring, Reporting and Verification (MRV) des stocks de carbone forestiers.

[8] Chave J., Andalo, C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Fölster H., Fromard, F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.P., Nelson B.W., Ogawa H., Puig H., Riéra B. et Yamakura T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia,*145, 87-99.

[9] Slik, J.W., Paoli, G. et McGuire, K., 2013. Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecol. Biogeogr*.22(12), 1261-1271.

[10] Brown S., 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO Forestry Paper - 134. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[11] Gourlet F.S., Rosssi V., MaximeR.M., Freycon V., Fayolle A., Laurent S.A., Cornu G., Gerard J., et al., 2011. Environmental filtering of densewooded species controls above-ground biomass stored in African moist forests.*Journal of Ecology,*99, 981–990.

[12] Quentin M., 2012.*Estimation de biomasse en forêt tropicale humide (Guyane Française)*. Thèse de doctorat : Faculté des Sciences exactes et Naturelles. UAG, Kourou (GuyaneFrançaise).

[13] Legendre, P. et Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*, 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.

[14] Gounot M., 1969. *Méthode quantitative de la végétation*. Ed. Masson et Cie ; Paris.

[15] Djomo A.N., Knohl A. et Gravenhorst G., 2011. Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomasscurrent annual increment of a moist tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 261, 1448–1459.

[16] Djomo A.N.,2015. A Structure Analysis for Ecological Management ofMoist Tropical Forests. *International Journal of Forestry Research*.dx.doi.org/10.1155/2015/161645.
[17] Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*,27, 379-423.
[18] Adou Yao C.Y., Denguéadhé K.T.S., Kouamé D. et N'Guessan K.E., 2007.Diversité et distribution des ligneux dans le Sud du Parc National de Taï (PNT), Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 19 (2), 113-122.
[19] Simpson, E.H. (1949) Measurement of diversity. Nature, 163, 688. doi :10.1038/163688a0
[20] Rennolls K. et Laumonier Y., 2006.A new local estimator of regional species diversity, in terms of 'shadow species', with a case study from Sumatra. *Journal of Tropical Ecology,*22, 321–329.
[21] Leigh E.G. et De Lao S.L., 2000. Fisher's Alpha: measuring tree diversity. *Center for Tropical Forest Science*, 7-12.
[22] Fayolle A., Doucet J.L., Gillet J.F., Bourland N. et Lejeune P., 2013. Tree allometry in Central Africa: Testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management* 305, 29–37.
[23] Lomba C., 2007. *Contribution à l'étude de phytodiversité à la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD. Congo)*. Mémoire de D.E.S, Fac. des sciences, Unikis, Kisangani (RD Congo).
[24] Nshimba H. 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiyé à Kisangani, R. D. Congo. Thèse doctorale : Université Libre de Bruxelles, Bruxelles (Belgique).
[25] Loris D., 2009. *Analyse de la diversité floristique dans les diverses strates des forêts denses de Masako (Kisangani, R.D. Congo).* Mémoire DES, Fac. des sciences, Unikis, Kisangani (RD Congo).
[26] Kouob B.S., 2009. *Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun*. Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles, Bruxelles (Belgique).
[27] Nusbaumer L., Gautier L., Chatelain C. & Spichiger R., 2005. Structure et composition floristique de la forêt classée du Scio (Côte d'Ivoire). Etude descriptive et comparative. *Candollea*, 60 (2), 393-443.
[28] Loizeau, J.-L., Dominik, J. et Span, D.G., 1992, Radioisotopic evidence of perturbations of recent sedimentary record in lakes : a word of caution for climate studies: Climate Dynamics, v. 6, p. 145-152.
[29] Condit R., Ashton P.S., Baker P., Bunyavejchewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N., Hubbell S.P., Foster R.B., Itoh A., Lafrankie J.V., Lee H.S., Losos E. *et al.*, 2005. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 288, 1414-1418.
[30] Pascal J.P., 1995. Quelques exemples de problèmes posés à l'analyste et au modélisateur par la complexité de la forêt tropicale humide. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 50, 237-249.
[31] Richards P.W., 1996. *The Tropical Rainforest, An ecological study*.2nd edn, Cambridge University Press, Cambridge.
[32] Kouka L.A., 2002. Recherches sur la flore, la structure et la dynamique des forêts du Parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville). *Acta Bot. Gallica*, 149 (2), 225-235.
[33] Tchouto M.G.P., De Boer W.F., De Wilde J.J.F.E. et Van der Maesen L.J.G., 2006. Diversity patterns in the flora of the Campo-Ma'an rain forest, Cameroon: do tree species tell it all? *Biodiversity and Conservation*, 15, 1353-1374.
[34] Djomo N.A., Picard N, Fayolle A., Henry M., Ngomanda A., Ploton P., McLellan J., Saborowski J., Adamou I. & Lejeune P., 2016. Tree allometry for estimation of carbon stocks in African tropical forests. *Forestry, An International Journal of Forest Research*, 1-10.
[35] Culmsee, H., Leuschner, C., Moser, G. et Pitopang, R., 2010. Forest aboveground biomass along an elevational transect in Sulawesi, Indonesia, and the role of Fagaceae in tropical montane rain forests. *Journal of Biogeography,* 37, 960–974.
[36] Houghton et al., 2001. The Scientific Basis is the most comprehensive and up-to-date scientific assessment of past, present and future climate change. The report
[37] Gonmadje C., 2013. *Diversité et biomasse aérienne dans les forêts matures de terre ferme du massif de Ngovayang (Sud-Cameroun)*. Acte de l'atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale Yaoundé, Cameroun.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1193-1202
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Conception de diagrammes ternaires de classification des sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes

[Conception of ternary diagrams of classifications of mixed mixed terrigenous clastic sediments and sedimentary rocks]

ASSALE Fori Yao Paul and AKA Kouamé

Université Félix Houphouët Boigny,
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: Two ternary diagrams were constructed according to the distribution of granulometric sizes in the mixed terrigenous clastic sediments and sedimentary rocks starting from some classifications and sedimentological definitions. These diagrams are: ternary diagram SSC and ternary diagram GSM. The poles of diagram SSC are occupied by the sediments "Sand", "Silt" and "Clay" and those of diagram GSM by the sediments "Gravel", "Sand" and "Mud". These diagrams make it possible to differentiate three terrigenous clastic sediments and sedimentary rocks types: proper sediments and rocks, mixed sediments and rocks with two elements and mixed sediments and rocks with three elements.

KEYWORDS: Sedimentology, ternary diagram, Sand-Silt-Clay, Gravel-Sand-Mud.

RESUME: Deux diagrammes ternaires ont été construits sur la base de la répartition des tailles granulométriques dans les sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes à partir de certaines classifications et définitions sédimentologiques. Ces diagrammes sont : diagramme ternaire SSA et diagramme ternaire GSB. Les pôles du diagramme SSA sont occupés par les sédiments « Sable », «Silt » et « Argile » et ceux du diagramme GSB par les sédiments « Gravier », « Sable » et « Boue ». Ces diagrammes permettent de différencier trois types de sédiments et roches clastiques terrigènes : les sédiments et roches propres, les sédiments et roches mixtes à deux éléments et les sédiments et roches mixtes à trois éléments.

MOTS-CLEFS: Sédimentologie, Diagramme ternaire, Sable-Silt-Argile, Gravier-Sable-Boue.

1 INTRODUCTION

Les diagrammes ternaires sont des diagrammes qui permettent une étude statistique de trois composants répartis aux pôles de ces diagrammes. Leur utilisation en sédimentologie peut établir une approche quantitative de la répartition des différentes tailles granulométriques dans les sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes. Dans cette optique, on se propose de concevoir deux diagrammes ternaires sur la base des différentes proportions granulométriques à partir de certaines classifications [1], [2] et [3] et également sur certaines définitions sédimentologiques [4], [5], [6], [7] et [8]. Parmi ces diagrammes, un diagramme est utilisé pour la classification des sédiments mixtes composés de sable, silt et argile et l'autre diagramme pour la classification des sédiments mixtes comprenant du gravier, du sable et de la boue (silt et argile).

2 METHODOLOGIE

Un logiciel de statistique a été utilisé pour la construction des deux diagrammes ternaires : un diagramme ayant à ces pôles sable-silt-argile (diagramme SSA) et un autre diagramme dont les pôles comprennent du gravier, du sable et de la boue (diagramme GSB). Ces diagrammes sont des triangles équilatéraux.

La construction de ces diagrammes a nécessité l'utilisation de l'échelle de Wentworth [1], la classification de Pettijohn [2] et la classification de Blatt [3]. On s'est également servi de certaines définitions de roches sédimentaires.

La classification de Wentworth [1] définit les noms des dépôts clastiques terrigènes en fonction de la taille des grains : les argiles (< 4 µm), les silts (4 µm à 63 µm), les sables (63 µm à 2 mm) et les graviers (> 2 mm). Les équivalents consolidés de ces sédiments sont respectivement : les argilites (< 4 µm), les siltites (4 µm à 63 µm), les grès (63 µm à 2 mm) et les conglomérats (> 2 mm).

Dans la classification de Pettijohn [2], on s'est intéressé à la proportion de la matrice présente dans la roche. Ainsi on a : les arénites, les **wackes** et les **mudrocks**. Dans cette classification, les arénites sont des grès propres contenant moins de 15 % de matrice, les **wackes** sont des grès qui contiennent entre 15 et 75 % de matrice et les **mudrocks** constituent des roches boueuses qui renferment plus de 75 % de matrice. La matrice ici est composée de silt et d'argile. Cette classification sera appliquée aux équivalents non consolidés (sables). Les **mudrocks** sont des pélites dont la proportion de silt et d'argile ne peut être quantifiée [6].

La dernière classification utilisée [3], établit une classification des pélites dont les équivalents non-consolidés sont appelés boues. Ce sont des dépôts constitués d'un mélange de silt et d'argile. Lorsque la proportion de silt est supérieure aux 2/3 de la proportion totale de la pélite ou de la boue, on parle de silt ou siltite. Si c'est la proportion d'argile qui est supérieure aux 2/3, on parle plutôt d'argile ou d'argilite. Par contre, si la proportion de silt ou d'argile est comprise entre 1/3 et 2/3, on parle dans ce cas de pélite (**mudstone**) ou de boue (**mud**) qui peut être soit du silt argileux soit de l'argile silteuse. On parlera de **shale** (pélite feuilletée) si ces roches présentent une fissilité. Les mots en gras ci-dessus sont des termes prêtés de l'anglais.

Pour la classification des conglomérats-grès-pélites (consolidés) ou des graviers-sables-boues (non-consolidés), on s'est appuyé sur les définitions des conglomérats qui s'intéressent à la quantité de matrice présente dans la roche. La matrice ici est constituée de sable et de boue (silt et argile). On parle de conglomérats propres ou de graviers, lorsque la quantité de matrice est inférieure à 20 %. Si la proportion est comprise entre 20 et 70 %, la roche est alors une roche mixte (graviers, sable et boue) dont le premier terme est « conglomérat ou gravier » [9]. Dans l'intervalle 70-95% de matrice, les roches mixtes (graviers, sable et boue) auront pour premier terme « grès (sable) ou pélite (boue) ». Si la quantité de la matrice est supérieure 95%, on aura soit des grès (sable), soit des pélites (boue), soit des roches mixtes composées de sable, de silt et d'argile.

2.1 CONSTRUCTION DU DIAGRAMME SSA

Pour la construction du diagramme SSA, le côté sable-argile est gradué en multiple de 10 et les côtés argile-silt et silt-sable en multiple de 3. On trace ensuite les traits horizontaux 85% de sable, 50% de sable et 25% de sable. Dans l'intervalle 0-85% de sable, on trace la hauteur « Sable ». Les hauteurs « Argile » et « Silt » sont également tracées dans l'intervalle 25-50% de sable. Dans l'intervalle 0-85% de sable, deux traits obliques sont tracés de part et d'autre de la hauteur « Sable ». A gauche de cette hauteur, un trait oblique débute sur l'horizontal 85% de sable à 5% (15/3) de silt et se termine sur l'horizontal 0% de sable à 33,33% (100/3) de silt. A droite de cette hauteur, un autre trait oblique débute également sur l'horizontal 85% de sable à 5% (15/3) d'argile et se termine sur l'horizontal 0% de sable à 33,33% (100/3) d'argile.

2.2 CONSTRUCTION DU DIAGRAMME GSB

Le diagramme GSB est gradué en multiple de 10. On trace les traits horizontaux 80% de gravier, 30% de gravier et 5% de gravier. Dans l'intervalle 0-80% de gravier, la hauteur « Gravier » et deux traits obliques sont tracés. Le premier trait oblique commence sur l'horizontal 80% de gravier à 5% (20*25/100) de sable et se termine sur l'horizontal 0% de gravier à 25% (100*25/100) de sable. Le deuxième trait débute sur l'horizontal 80% de gravier à 3% (20*15/100) de boue et se termine sur l'horizontal 0% de gravier à 15% (100*15/100) de boue. Enfin dans l'intervalle 5-30% de gravier, les hauteurs « Boue » et « Sable » sont tracées sans toutefois coupées les traits obliques.

3 RÉSULTATS

Les différentes tracées ont permis d'obtenir les figures 1A et 1B. Les noms des sédiments et des roches sont déterminés par l'intersection des lignes de pourcentage des trois composants que compte chaque diagramme. Trois types de roches ou sédiments sont distingués sur les deux diagrammes en fonction de la proportion granulométrique :

- Roches et sédiments propres : une seule granulométrie est pise en compte ;
- Roches et sédiments mixtes à deux éléments : deux granulométries sont concernées ;
- Roches et sédiments mixtes à trois éléments : trois granulométries sont prises en compte.

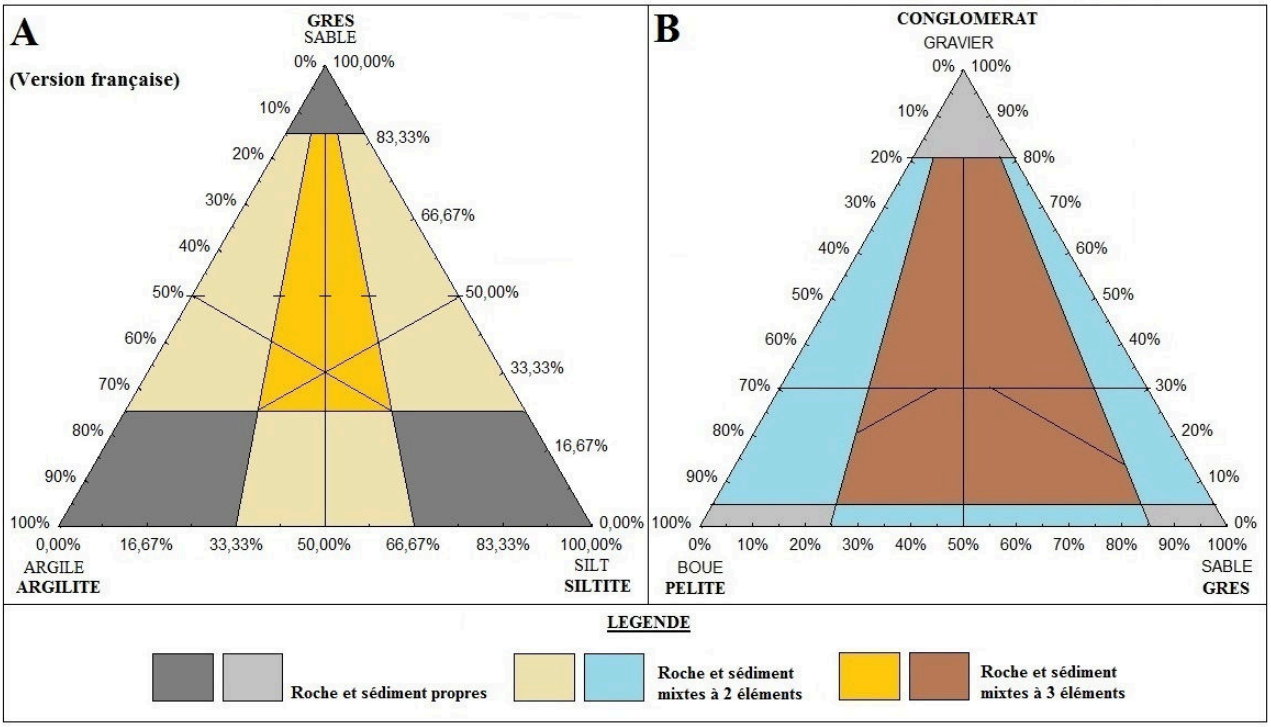


Fig. 1. A : Diagramme ternaire SSA. B : Diagramme ternaire GSB (Version française)

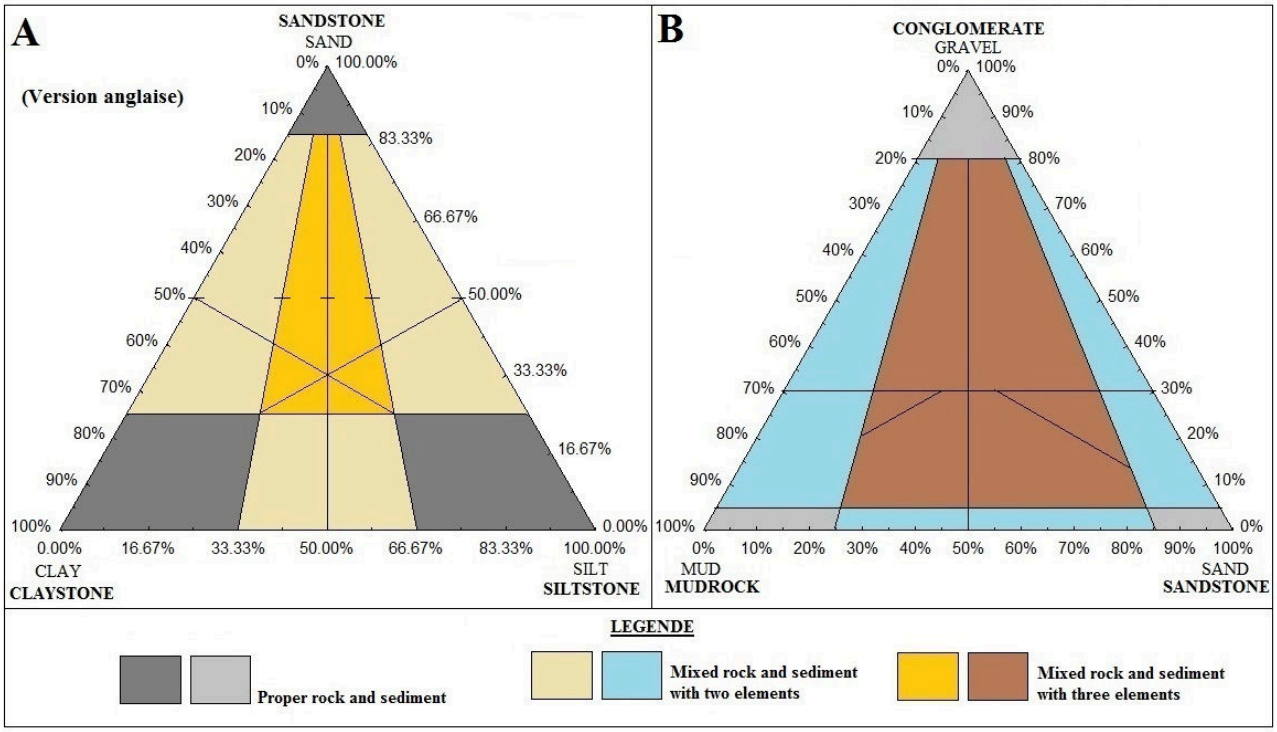


Fig. 1. A : Ternary diagram SSC. B : Ternary diagram GSM (English version)

3.1 DIAGRAMME SSA

Dans ce diagramme, on distingue trois (3), six (6) et six (6) catégories de sédiments et roches respectivement dans les sédiments et roches propres, les sédiments et roches mixtes à deux éléments et les sédiments et roches mixtes à trois éléments (Figure 2).

Les sédiments et roches propres sont : **Sable/Grès, Silt/Siltite et Argile/Argilites**. Les sables/Grès contiennent au plus 15% de silt et/ou d'argile. On parlera de silt/siltite ou d'argile/argilite lorsque la proportion d'un des sédiments (silt ou argile) est supérieure aux 2/3 du sédiment total (silt et argile) après extraction de la proportion de sable qui doit être inférieure à 25% dans le mélange.

Les sédiments et roches mixtes à deux éléments sont constitués de : **Sable silteux/Grès silteux, Sable argileux/Grès argileux, Silt sableux/Siltite sableuse, Silt argileux/Siltite argileuse, Argile sableuse/Argilite sableuse et Argile silteuse/Argilite silteuse**. Les sable silteux/grès silteux, silt sableux/siltite sableuse, sable argileux/grès argileux et argile sableuse/argilite sableuse présentent des proportions de sables comprises entre 25 et 85%. La proportion d'argile est négligeable dans les sable silteux/grès silteux et silt sableux/siltite sableuse si elle reste inférieure aux proportions de la droite oblique reliant les proportions 5% et 25% d'argile qui coupent respectivement les traits horizontaux 85% de sable et 25% de sable. Les sables silteux/grès silteux et les silts sableux/siltites sableuses sont séparés par la hauteur « Argile ». La proportion de silt est aussi négligeable dans les sable argileux/grès argileux et argile sableuse/argilite sableuse si elle reste inférieure aux proportions de la droite oblique reliant les proportions 5% et 25% de silt qui coupent respectivement les traits horizontaux 85% de sable et 25% de sable. Les sables argileux/grès argileux et les argiles sableuses/argilites sableuses sont différenciés par la hauteur « Silt ». Dans les silt argileux/siltite argileuse et argile silteuse/argilite silteuse, la proportion de silt ou d'argile doit être comprise entre 1/3 et 2/3 dans le sédiment total. Le pourcentage de sable reste inférieur à 25% dans ce mélange. Les silts argileux/siltites argileuses et les argiles silteuses/argilites silteuses sont différenciés par la hauteur « Sable ».

Les sédiments et roches mixtes à trois éléments comprennent : **Sable silto-argileux/Grès silto-argileux, Sable argilo-silteux/Grès argilo-silteux, Silt sablo-argileux/Siltite sablo-argileuse, Silt argilo-sableux/Siltite argilo-sableuse, Argile sablo-silteuse/Argilite sablo-silteuse et Argile silto-sableuse/Argilite silto-sableuse**. Ces sédiments et roches ont une proportion de sable comprise entre 25 et 85%. Les proportions de silt et d'argile sont supérieures aux proportions des droites obliques reliant les pourcentages 5 et 25 % de chacun des éléments (silt et argile).

Si les quantités de silt et d'argile ne peuvent être déterminées dans les roches mixtes, on aura : **Grès boueux, Pélite sableuse et Pélite**. Les grès boueux et pélites sableuses sont séparés par le trait horizontal 50% de sable. Une observation de fissilité dans les pélites donnera : argilite feuilletée ou siltite feuilletée ou encore pélite feuilletée.

Le trait horizontal 25% de sable sépare d'une part les argiles des argiles sableuses et les silts des silts sableux et d'autre part les argiles silteuses des argiles silto-sableuses et les silts argileux des silts argilo-sableux. Le trait horizontal 85% de sable sépare les sables des roches mixtes ayant pour premier terme sable.

Les traits obliques différencient d'une part les roches propres des roches mixtes à deux éléments et d'autre part les roches mixtes à deux éléments des roches mixtes à trois éléments.

Les hauteurs « Sable », « Silt » et « Argile » permettent de distinguer d'une part les différents types de roches mixtes à deux éléments et d'autre part les différents types de roches mixtes à trois éléments.

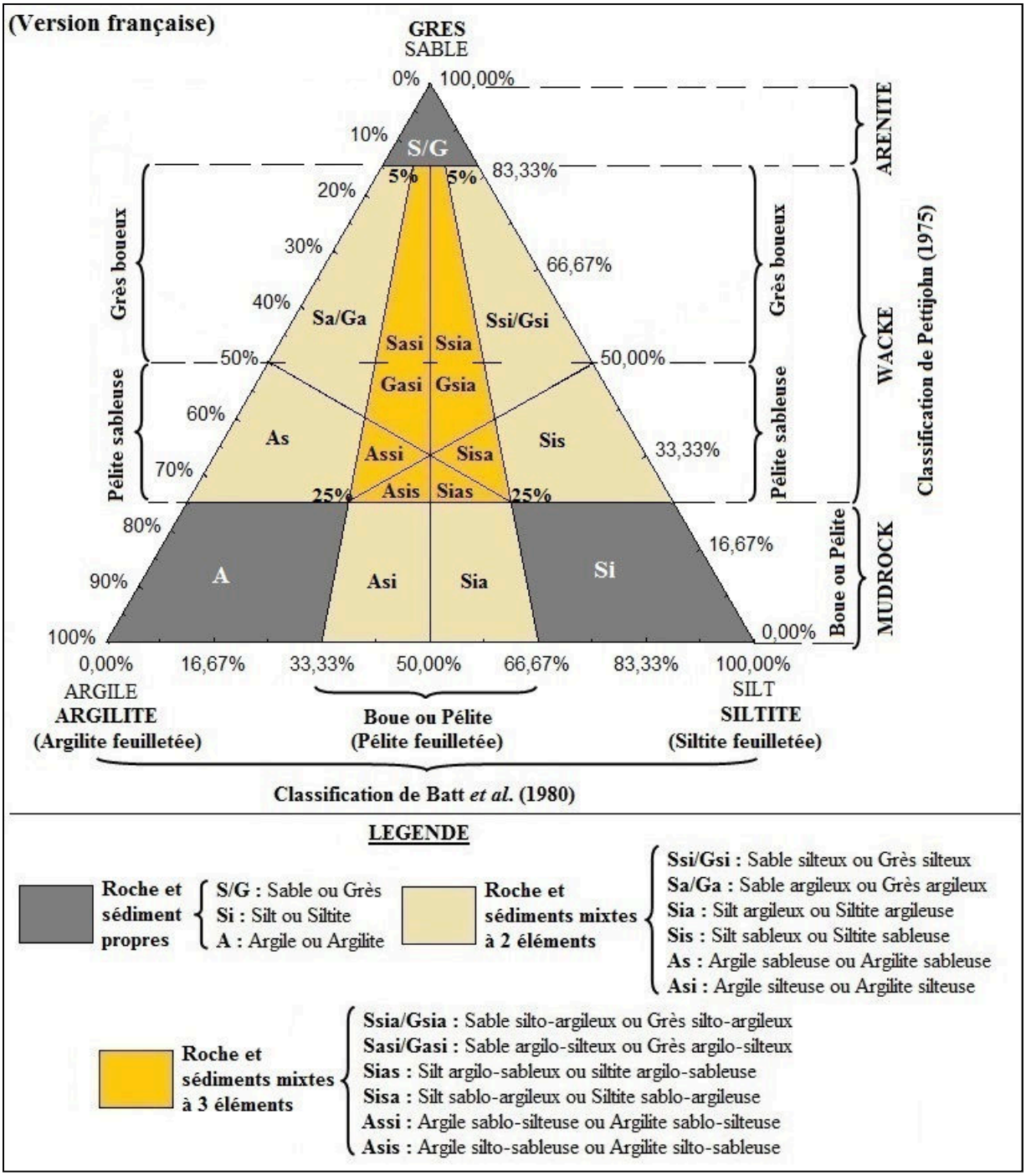


Fig. 2. Diagramme ternaire SSA de classification des sédiments et roches mixtes (sable, silt et argile – version française)

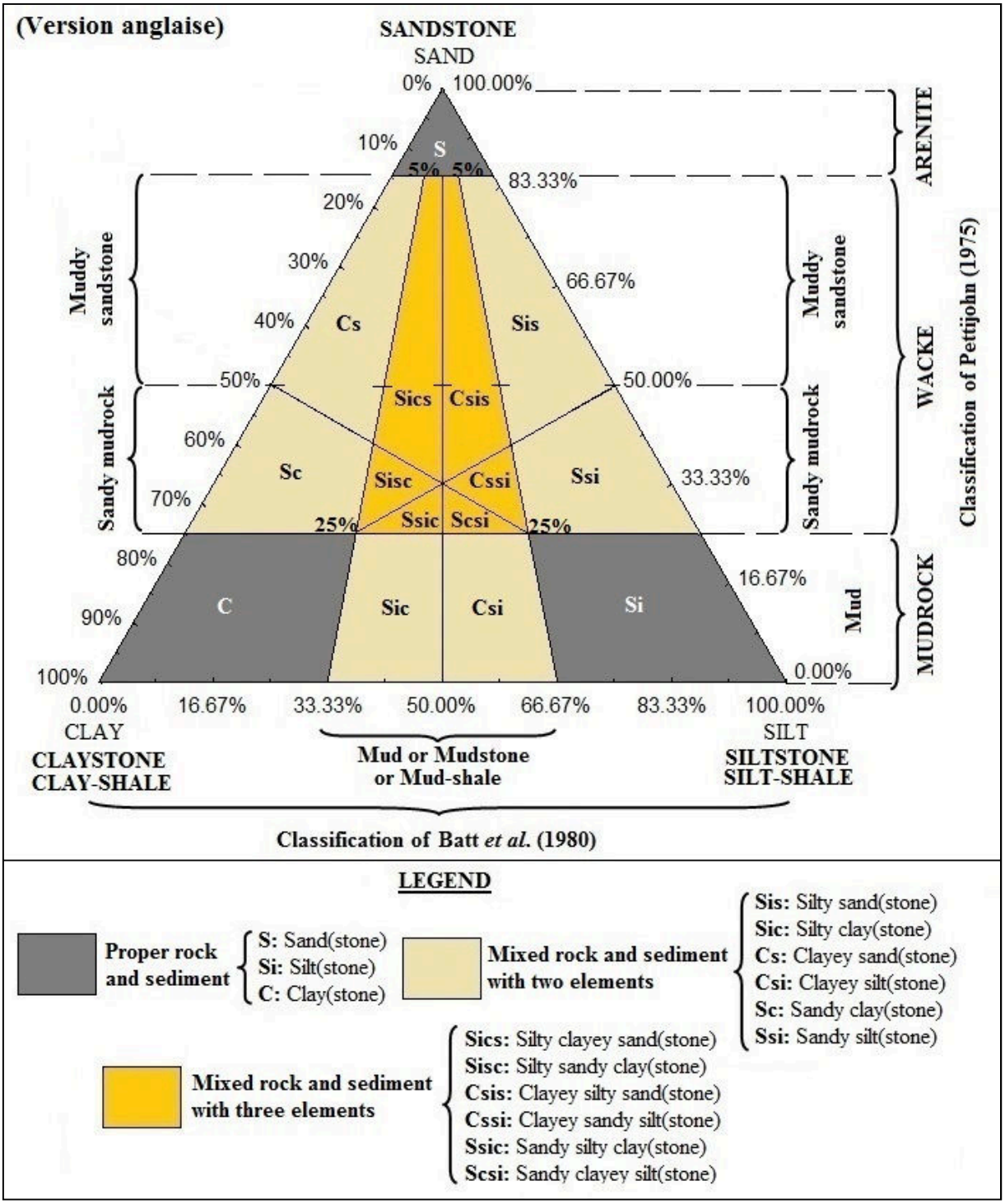


Fig. 2. Ternary diagram SSC of classification of mixed sediments and rocks (sand, silt et clay –english version)

3.2 DIAGRAMME GSB

On distingue également dans ce diagramme trois (3), six (6) et six (6) catégories de roches et sédiments respectivement dans les roches et sédiments propres, les roches et sédiments mixtes à deux éléments et les roches et sédiments mixtes à trois éléments (Figure 3).

Les catégories de roches et sédiments propres sont composés de : **Gravier/Conglomérat, Sable/Grès et Boue/Pélite**. Les graviers/conglomérats renferment plus de 80% de gravier dans le sédiment total. La proportion de gravier dans les sable/grès et boue/pélite doit rester inférieure à 5%. Dans les sables/grès, la quantité de boue est négligée si elle est inférieure à 15% après la soustraction du pourcentage de gravier (<5%). Au niveau des boues/pélites, la quantité de sables est aussi négligée si elle est moins de 25% après la soustraction du pourcentage de gravier (<5%).

Les catégories de roches et sédiments mixtes à deux éléments comprennent : **Gravier sableux/Conglomérat sableux, Gravier boueux/Conglomérat boueux, Sable graveleux/Grès graveleux, Sable boueux/Grès boueux, Boue graveleuse/Pélite graveleuse et Boue sableuse/Pélite sableuse**. Dans les gravier sableux/conglomérat sableux, gravier boueux/conglomérat boueux, sable graveleux/grès graveleux et boue graveleuse/pélite graveleuse, la quantité de gravier est comprise entre 5 et 80%. Le pourcentage de boue dans les gravier sableux/conglomérat sableux et sable graveleux/grès graveleux n'excède pas les proportions de la droite oblique reliant les proportions 3% et 14,25% de boue qui coupent respectivement les traits horizontaux 80% de gravier et 5% de gravier. Dans les gravier boueux/conglomérat boueux et boue graveleuse/pélite graveleuse, la proportion de sable reste inférieure aux proportions de la droite oblique reliant les proportions 5% et 23,75% de sable qui coupent respectivement les traits horizontaux 80% de gravier et 5% de gravier. Le trait horizontal 30% de gravier sépare les gravier sableux/conglomérat sableux et gravier boueux/conglomérat boueux des sable graveleux/grès graveleux et boue graveleuse/pélite graveleuse. Les sable boueux/grès boueux et boue sableuse/pélite sableuse contiennent respectivement plus de 15% de boue et plus de 25% de sable après la soustraction du pourcentage de gravier qui reste inférieur à 5% dans le mélange. La hauteur « Gravier » différencie les sables boueux/grès boueux des boues sableuses/pélites sableuses.

Les catégories de roches et sédiments mixtes à trois éléments sont : **Gravier sablo-boueux/Conglomérat sablo-boueux, Gravier bouo-sableux/Conglomérat bouo-sableux, Sable gravelo-boueux/Grès gravelo-boueux, Sable bouo-graveleux/Grès bouo-graveleux, Boue gravelo-sableuse/Pélite gravelo-sableuse et Boue sablo-graveleux/Pélite sablo-graveleuse**. Les gravier sablo-boueux/conglomérat sablo-boueux et gravier bouo-sableux/conglomérat bouo-sableux présentent une proportion de gravier comprise entre 30 et 80% de gravier. Ils sont différenciés par la hauteur « Gravier ». Dans les graviers sablo-boueux/conglomérats sablo-boueux, la quantité de boue est supérieure aux pourcentages de la droite oblique reliant les proportions 3% et 10,5 % de boue qui coupent respectivement les traits horizontaux 80% de gravier et 30% de gravier. Les graviers bouo-sableux/conglomérats bouo-sableux ont une quantité de sable supérieure aux pourcentages de la droite oblique reliant les proportions 5% et 17,5 % de sable qui coupent respectivement les traits horizontaux 80% de gravier et 30% de gravier. Dans les sable gravelo-boueux/grès gravelo-boueux, sable bouo-graveleux/grès bouo-graveleux, boue gravelo-sableuse/pélite gravelo-sableuse et boue sablo-graveleux/pélite sablo-graveleuse, la quantité de gravier est comprise entre 5 et 30%. La quantité de boue dans les sable gravelo-boueux/grès gravelo-boueux et sable bouo-graveleux/grès bouo-graveleux reste supérieure aux proportions de la droite oblique reliant les proportions 10,5% et 14,25 % de boue qui coupent respectivement les traits horizontaux 30% de gravier et 5% de gravier. La hauteur « Sable » différencie les sables gravelo-boueux/grès gravelo-boueux des sables bouo-graveleux/grès bouo-graveleux. Dans les boue gravelo-sableuse/pélite gravelo-sableuse et boue sablo-graveleux/pélite sablo-graveleuse, la quantité de sable est supérieure aux proportions de la droite oblique reliant les proportions 17,5% et 23,75 % de sable qui coupent respectivement les traits horizontaux 30% de gravier et 5% de gravier. Les boue gravelo-sableuse/pélite gravelo-sableuse et boue sablo-graveleux/pélite sablo-graveleuse sont séparés par la hauteur « Boue ».

Le trait horizontal 95% de gravier différencie d'une part les boues des boues graveleuses et les sables des sables graveleux et d'autre part les boues sableuses des boues sablo-graveleuses et les sables boueux des sables argilo-graveleux. Le trait horizontal 20% de gravier sépare les graviers des roches mixtes ayant pour premier terme gravier. Les traits obliques différencient également d'une part les roches propres des roches mixtes à deux éléments et d'autre part les roches mixtes à deux éléments des roches mixtes à trois éléments.

Les hauteurs « Gravier », « Sable » et « Boue » distinguent les différents types de roches mixtes à deux et trois éléments.

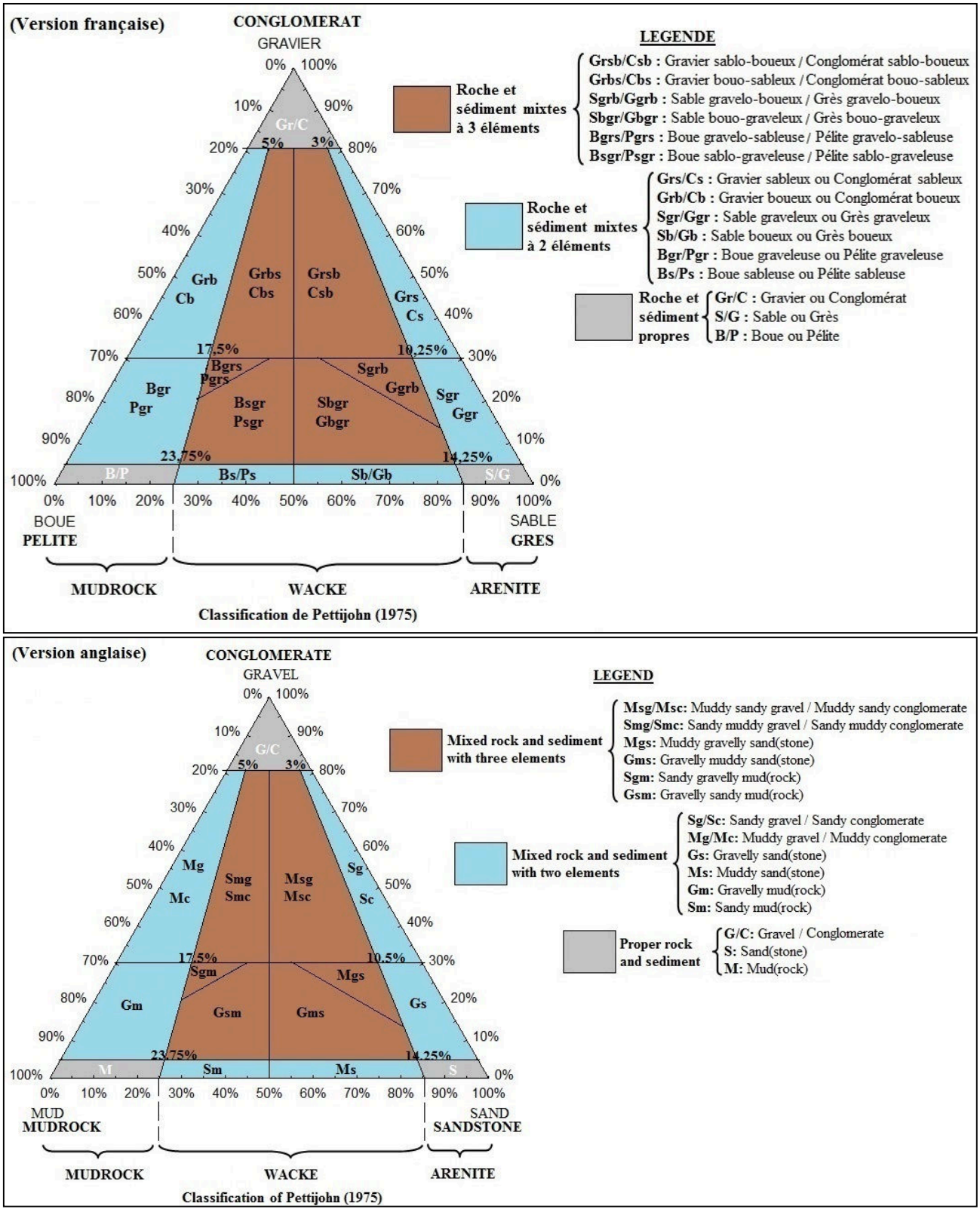


Fig. 3. Diagramme ternaire GSB de classification des sédiments et roches mixtes (gravier, sable et boue)

4 CONCLUSION

Les diagrammes ternaires SSA et GSB permettent une approche quantitative de la répartition des tailles granulométriques dans les sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes. Les diagrammes SSA et GSB sont des diagrammes

dont leurs trois pôles sont occupés respectivement par les sédiments « Sable », «Silt » et « Argile » et « Gravier », « Sable » et « Boue ». Ils permettent de distinguer trois types de sédiments et roches dans chaque diagramme. Ce sont : les sédiments et roches propres, les sédiments et roches mixtes à deux éléments et les sédiments et roches mixtes à trois éléments. Ces types de sédiments et roches présentent respectivement trois (3), six (6) et six (6) catégories de sédiments et roches sédimentaires.

RÉFÉRENCES

[1] Wentworth C. K., A scale of grade and class terms for clastic sediments: Jour. Geology, v. 30, no, 5, pp. 377-392, 1922.
[2] Pettijohn F. J., Sedimentary Rocks (3rd edition). In: Sedimentology and stratigraphy. Second edition. GARY N. S. Wiley-Blackwell: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, USA, pp. 5-86, 1975.
[3] Blatt, H., Middleton, G.V. & Murray, R.C., Origin of Sedimentary Rocks (2nd edition). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 782 p, 1980.
[4] Aplin C. A., Fleet J. A. & Macquaker S. H. J., 1999. Muds and Mudstones: physical and fluid-flow properties. Geological Society Special Publications, No. 158, London, 190p.
[5] Maurice E. T., Sedimentary Rocks in the Field. Third EDITION. Department of Geological Sciences University of Durham, UK. John Wiley & Sons Ltd, England, 234p, 2003.
[6] Gary N. S., Sedimentology and stratigraphy. Second edition. Wiley-Blackwell: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, USA, pp 21-22, 2009.
[7] Assalé F. Y. P., Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat uniq. Univ. F.H.B, Côte d'Ivoire, 361p, 2013.
[8] Assalé F. Y. P. & Aka K., 2016. Pétrographie des muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville. International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 24 No. 2 Jun. 2016, pp. 347-358.
[9] Gerard V. M., Encyclopedia of Earth Sciences Series: Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks. Edition Springer, Canada, pp 132-134, 2003.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1203-1210
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Measurement of Farm Productivity of Rice: A Case of Bangladesh

Farzana Yeasmin[1], Dilshad Zahan Ethen[2], Ismat Ara Begum[1], and Fardous Ara Happy[1]

[1]Department of Agricultural Economics,
Bangladesh Agricultural University, Mymensingh-2202, Bangladesh

[2]Department of Agribusiness and Marketing,
Bangladesh Agricultural University, Mymensingh-2202, Bangladesh

Copyright © 2019 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 focus of this study is to assess rice production in different category of farms of Bangladesh. The relevant data was collected from secondary source collected by International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) under the Village Dynamics Studies in South Asia (VDSA) project. A total of 280, 318, 365 and 349 sample farmers were selected for the years of 2009, 2010, 2011 and 2012, respectively and the selected farmers were categorized into marginal, small, medium and large categories. Descriptive statistics were used to measure the profitability of rice production. In the study areas, rice farming was profitable for the selected years for all category of farmers but large and medium scale farmers received more profit than small and marginal farmers. Per hectare net return from rice production by small farmers was Tk.31324.28 in 2009 and Tk. 21776.97 in 2012 which provides a decreasing picture of profit for them. Cobb-Douglas stochastic cost frontier analysis was used to measure economic efficiencies. The regression result shows that, estimated values of the relevant coefficients i.e., fertilizer cost, machineries cost, human labor cost, seed cost and herbicides cost had positive and significant impact on the gross return of rice production and the coefficient of pesticide was negatively significant. So, there is a scope for increasing return from rice production by increasing human labour, seed, fertilizer, machineries and herbicide uses, since the coefficients of these parameters was positive and significant. The study will help to policy makers for the development of all category rice farmers specially the small and marginal farmers of Bangladesh.

KEYWORDS: Rice, Productivity and Bangladesh.

1 INTRODUCTION

Agriculture is the single largest producing sector of the economy since it comprises about 16.77% Gross Domestic Product (GDP) and 45% of the total labor force is employed in this sector (BBS, 2013). There has been a remarkable progress in food production over the last three and a half decades in Bangladesh despite high pressure of population on land and other natural resources. Rice is the driving force of Bangladesh agriculture among all crops. In the world, 90 percent rice is produced by 200 million small farmers whose average land is less than 1 hectare.

(Tonini and Cabrera, 2011). Bangladesh being an agricultural country most of her food crops are produced from small farms. Small farmers still dominate the agricultural sector in Bangladesh and play a significant role in the country's economy. 84 percent of the total farm holdings as well as 12.7 millions small holdings out of 15.3 million total farm holdings in the country belongs to small farmers (0.05-2.49 acre) (BBS, 2013). Therefore, small farmers still dominate the agricultural sector, specially the rice sector in Bangladesh. Data indicate that, domestic rice production has never been adequate to meet the country's domestic demand except in 1993-94 and 2005-2006. As such, rice imports have continued, although the volume varied from year to year depending on domestic production (Alam, 2012).However, recent trends are alarming as the average yield of modern varieties of rice fallen from 3.8 ton/ha in 1968 to 2.9ton/ha in 2006 which raising serious concern in sustaining food-grain production (Rahman *et. al*., 2007).

Corresponding Author: Farzana Yeasmin

Nasrin (2013) evaluated the financial profitability of aromatic rice production and its impacts on farmers' livelihood in selected areas of Tangail district. He found total human labor, seed, fertilizer, power tiller and irrigation had significant impact and insecticides had insignificant impact on the per hectare output. Hyuha *et al. (*2007) found that improvement in profit efficiency in rice production would require focused programs to increase access to education and extension services. Tama (2014) found total costs, gross return, gross margin and net return for aromatic rice were Tk.64446.51, Tk. 114243.71, Tk. 59999.29 and Tk. 49797.20 per hectare. The aromatic rice production was profitable (BCR is 1.77). Nimoh e*t. al. (*2012) showed that farmers were in the second stages of production that land, fertilizer and seed were being underutilized and labor and agrochemicals were being highly over utilized. Kolawole (2006) examined the determinants of profit efficiency among the small scale paddy rice farmers in Nigeria. Except the unit cost of fertilizer/kg, all the inputs have positive sign on the profitability of rice farming in Nigeria. More than half of the farmers having profit efficiency of 0.61 and above with an average profit efficiency of 0.601 suggesting. Profit efficiency was positively influenced by age, educational level, farming experiences and household size. APCAS (2010) carried out a research on agricultural activity in Asia on small and marginal farms. It found that data classification and tabulation collected from agricultural surveys are not carried out to properly reflect the role played by small farmers. Mustafi and Saiful (2004) found that production cost for MV Boro was much higher (Tk. 28249.0/ha) than MV Aus and MV T. Aman rice. The yield of MV Aus, MV T. Aman and MV Boro rice were 353kg/ha, 4310 kg/ha and 4962 kg/ha, respectively. Higher gross return (Tk. 35719.0/ha) was obtained from MV Boro rice production while the gross return from MV T. Aman was Tk. 35221.0/ha. But the higher net return (Tk. 13012.0/ha) was obtained by the MV T. aman rice growers.

In the past, there was no exclusive study on the production of rice with the factors affecting the profitability including all category of rice farmer of Bangladesh in different years. The findings of the study are likely to be helpful to the researchers and policy makers in the formulation of policies regarding efficient production of rice in all category of farmer of Bangladesh. The objectives of this study are as (i) to measure the profitability of rice of all category of rice producing farmer. (ii)To determine the key factors affecting the gross return of rice producing farmers.

2 METHODOLOGY

The study was conducted in eleven districts namely Chandpur, Comilla, Thakurgaon, Patuakhali, Bogra, Chuadanga, Jhenaidah, Mymensingh, Madaripur, Narsingdi and Kurigram. Secondary data was used which was collected from VDSA project of ICRISAT. A total of 280, 318, 365 and 349 rice farms were selected as a sample for the years of 2009, 2010, 2011 and 2012, respectively and the selected farms were categorized into marginal, small, medium and large farms.

Descriptive statistics were used to measure the profitability of rice production. Factor analysis to see the influence of factors on the profitability of rice was analyzed by Cobb-Douglas production function. The Cobb-Douglas production function was used to explore the relationship between production and input. Since the model proved superior on theoretical and econometric grounds, this function was chosen on the basis of the best fit and significant effects of using inputs on return in producing rice.

The following model was used in this study:

$$Yi = aX_1^{b1} X_2^{b2} X_3^{b3} X_4^{b4} D_1^{b5} D_2^{b6} e^{u} \quad (1)$$

This was linearised in the logarithmic form as under:

$$InY = Ina + b_1InX_1 + b_2InX_2 + b_3InX_3 + b_4InX_4 + b_5D_1 + b_6D_2 + U \quad (2)$$

Where,

Y = Gross return (Tk.);

X_1= Fertilizer cost (Tk.);

X_2= Machinery cost (Tk.);

X_3= Human labor cost (Tk.);

X_4= seed cost (Tk.);

D_1= Pesticides dummy;

D_1= 1 for pesticides user farms and 0 for no pesticide user farm;

D_2= Herbicides dummy;

D_2= 1 for herbicides user farms and 0 for no herbicide user farm;

ln =Natural logarithm;

a =Constant/Intercept;

b_1, b_2……b_6 = production coefficients of the respective variables; and

U=Error term.

3 RESULTS AND DISCUSSION

VARIABLE COST

The variable cost item for rice production was fertilizers, machineries, organic materials, pesticides/fungicides, seeds, weedicides, hired labor and interest on operating capital.Variable cost for marginal farmer was Tk. 45901.40, Tk. 38663.80 Tk. 43181.67 and Tk. 51559.39 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012, respectively which was increasing during the time. For small farmer, the variable cost was Tk. 45827.22, Tk. 34591.83, Tk. 40302.20 and Tk. 40836.37 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively which was almost same during the time. Variable cost for medium farmer was Tk. 80489.62, Tk. 55547.79 Tk. 63685.07 and Tk. 61601.03 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively which was higher than marginal and small farmer during the time. The estimated variable cost for large farmer was Tk. 34031.84 Tk. 34078.40 and Tk. 36434.00 per hectare in 2010, 2011 and 2012 respectively which was lower than marginal, small and medium farmer during the time (Table 2, 3, 4 and 5).

FIXED COST

The fixed cost item for rice production was land use cost and family labor cost. For marginal farmer, the fixed cost was Tk.16546.99, Tk. 15889.75, Tk.22535.17 and Tk. 14753.70 per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively.For small farmer, the fixed cost was Tk. 11882.34, Tk. 15153.17, Tk.15089.91 and Tk.18212.08 per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively which was increasing during the time.For medium farmer, the fixed cost was Tk.15915.76, Tk.16793.65, and Tk.21214.28and Tk.19907.36 per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively which was increasing during the time. For large farmer, the fixed cost was Tk. 6156.97, Tk. 13542.85 and Tk. 10362.95 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively which were lower than other three category of farmer during the time (Table 2, 3, 4 and 5).

TOTAL COST

For marginal farmer, total cost was Tk.62448.39, Tk. 54553.55, Tk.65716.84and Tk. 66313.10per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively.For small farmer, total cost was Tk.57709.55, Tk. 49745.00, Tk.55392.10and Tk. 59048.45per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively. For medium farmer, total cost was Tk.56160.57, Tk. 44567.54, Tk.53056.82and Tk. 50707.88per hectare in 2009,2010, 2011 and 2012 respectively. For large farmer, total cost was Tk.40188.80, Tk. 47621.25,.82and Tk. 46796.95per hectare in 2010, 2011 and 2012 respectively. Total cost was comparatively lower than other category of farmer. (Table 2, 3, 4 and 5).

Gross Return (GR)

Average gross return was Tk. 97172.58, Tk. 80908.78, Tk. 82686.65 and Tk. 79119.61 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively (Table 1).

Table 1. Table 1: Per hectare gross returns for producing rice in 2009, 2010, 2011 and 2012.

Farmer category/ Year	Value of main product (Taka/ha)	Value of by product (Taka/ha)	Gross return (Taka/ha)
2009			
Marginal	83929.67	5522.98	89452.65
Small	80284.33	8749.51	89033.84
Medium	108600.6	4430.71	113031.3
Large	-	-	-
Average			97172.58
2010			
Marginal	77673.92	7207.48	84881.4

Small	72799.37	6924.77	79724.14
Medium	70597.95	5935.26	76533.21
Large	78354.34	4142.01	82496.35
Average			80908.78
2011			
Marginal	74875	8363.85	83238.85
Small	73088	8023.34	81111.34
Medium	69832.09	7115.57	76947.66
Large	84730.46	4718.27	89448.73
Average			82686.65
2012			
Marginal	73224.9	10350.68	83575.58
Small	71652.64	9172.78	80825.42
Medium	63591.67	7191.1	70782.77
Large	74695.6	6599.07	81294.67
Average			79119.61

Note: Marginal farm (0.05-0.49 acres), small farm 0.50-2.49 acres), medium farm (2.50-7.49 acres) and large farm (7.50-above acres)
Source: Author' s calculation, based on VDSA data.

PROFITABILITY OF DIFFERENT CATEGORY OF RICE FARMER

MARGINAL FARMER

Gross margin obtained in 2009, 2010, 2011 and 2012 were Tk. 51201.48, Tk. 52661.57, Tk. 57254.12 and Tk. 32016.19, respectively. Net return were estimated at Tk. 27004.26, Tk. 30327.85, Tk. 17522.01 and Tk. 17262.49 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively (Tables 5 and 6). Benefit cost ratio were estimated at Tk.1.43, Tk. 1.56, Tk. 1.27 and Tk. 1.26 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively (Table 2).

SMALL FARMER

Gross margin were estimated at Tk. 50844.49, Tk. 50897.62, Tk. 40809.15 and Tk. 46795.11per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively. Net return were estimated at Tk. 31324.28, Tk. 29979.14,Tk. 25719.24 and Tk. 21776.97per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively .Benefit cost ratio were estimated at Tk. 1.54, Tk.1.60, Tk. 1.46 and Tk. 1.37 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively (Table 3).

MEDIUM FARMER

Gross margin were estimated at Tk. 32541.64, Tk. 20985.42, Tk. 13262.59 and Tk. 9181.73 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively. Net return was estimated at Tk. 56870.69, Tk. 31965.67, Tk. 23890.84 and Tk. 20074.89 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively. Benefit cost ratio were estimated at Tk. 2.01, Tk. 1.72, Tk. 1.45 and Tk. 1.40 per hectare in 2009, 2010, 2011 and 2012 respectively (Table 4).

LARGE FARMER

Gross margin were estimated at Tk. 54136.48, Tk. 61050.07Tk. 44860.67 per hectare in 2010, 2011 and 2012 respectively. Net Return was estimated at Tk. 42307.54Tk. 41827.48, Tk. 34497.72 per hectare in 2010, 2011 and 2012 respectively. Benefit cost ratio were estimated at Tk. 2.05, Tk. 1.88, Tk. 1.74 per hectare in 2010, 2011 and 2012 respectively (Table 5).

The profitability of all categories of farmers was decreasing from 2009 to 2012. That means the farmers were going to become financially insolvent day by day. In the study area, marginal and small category farmers were gaining less profit than the medium and large category of farmers from the production of rice (Table 2, 3, 4 and 5).

Table 2. Activity budgets: Per hectare rice production of marginal farmers in 2009, 2010, 2011 and 2012 (Taka/ha))

Particulars	2009	2010	2011	2012
A. Gross Return	89452.65	84881.40	83238.85	83575.58
Variable Costs				
Cost of Fertilizers	7897.78	5628.44	6194.81	8021.83
Cost of Machineries	14322.64	9975.16	11841.11	11837.81
Cost of Organic Materials	1696.46	623.71	262.74	745.24
Cost of Pesticides/Fungicides	646.13	742.99	439.20	609.52
Cost of Seeds	2548.88	2180.76	2769.55	2136.08
Cost of Weedicides	213.92	120.02	91.33	191.92
Other Costs	1119.38	1791.74	2802.85	2601.35
B. Total Material Inputs Cost	28321.78	20777.82	24401.58	26143.74
C. Total Hired Labor Cost	9929.39	11442.01	11583.15	16822.42
D. Interest on Operating Capital	7650.23	6443.97	7196.94	8593.23
E. Total Variable Cost (B+ C+D)	45901.40	38663.80	43181.67	51559.39
Fixed Costs				
Land Use Cost	1501.73	1554.81	1858.82	1502.44
Total family labor cost	15045.26	14334.95	20676.34	13251.26
F. Total fixed cost	16546.99	15889.75	22535.17	14753.70
G. Gross cost(E+F)	62448.39	54553.55	65716.84	66313.10
H. Gross margin(A-E)	51201.48	52661.57	57254.12	32016.19
I. Net return(A-G)	27004.26	30327.85	17522.01	17262.49
J. Benefit cost ratio (A/G) (undiscounted)	1.43	1.56	1.27	1.26

Source: Author's calculation, based on VDSA data.

Table 3. Activity budgets: Per hectare rice production of small farmers in 2009, 2010, 2011 and 2012 (Taka/ha)

Particulars	2009	2010	2011	2012
A. Gross Return	89033.84	79724.14	81111.34	80825.42
Variable Costs				
Cost of Fertilizers	7086.41	4772.04	6614.22	5708.68
Cost of Machineries	11772.67	8175.51	9302.89	10457.16
Cost of Organic Materials	2168.64	670.02	815.36	695.03
Cost of Pesticides/Fungicides	699.87	568.49	531.90	402.66
Cost of Seeds	2396.30	1998.98	1850.13	1984.34
Cost of Weedicides	214.53	99.74	124.35	148.32
Other Costs	2057.41	2046.27	2108.39	2976.82
B. Total Material Inputs Cost	26378.53	18331.06	21347.25	22336.20
C. Total Hired Labor Cost	11810.82	10495.46	12237.91	11694.11
D. Interest on Operating Capital	7637.87	5765.30	6717.03	6806.06
E. Total Variable Cost (B+ C+D)	45827.22	34591.83	40302.20	40836.37
Fixed Costs				
Land Use Cost	1190.65	1315.73	1584.44	1831.55
Total family labor cost	10691.69	13837.44	13505.47	16380.53
F. Total fixed cost	11882.34	15153.17	15089.91	18212.08
G. Gross cost(E+F)	57709.55	49745.00	55392.10	59048.45
H. Gross margin(A-E)	50844.49	50897.62	40809.15	46795.11
I. Net return(A-G)	31324.28	29979.14	25719.24	21776.97
J. Benefit cost ratio (A/G) (undiscounted)	1.54	1.60	1.46	1.37

Source: Author'scalculation, based on VDSA data.

Table 4. Activity budgets: Per hectare rice production of medium farmers in 2009, 2010, 2011 and 2012 (Taka/ha)

Particulars	2009	2010	2011	2012
A. Gross Return	113031.26	76533.21	76947.66	70782.77
Variable Costs				
Cost of Fertilizers	7998.95	4618.34	5480.78	6236.84
Cost of Machineries	12704.56	6927.66	8964.69	8321.92
Cost of Organic Materials	2706.85	927.49	680.87	717.29
Cost of Pesticides/Fungicides	1138.67	459.91	337.28	525.77
Cost of Seeds	2978.09	1645.34	1815.06	1640.55
Cost of Weedicides	428.98	211.90	235.78	215.15
Other Costs	845.35	2040.64	3327.35	2440.79
B. Total Material Inputs Cost	28801.45	16797.07	20841.68	20098.32
C. Total Hired Labor Cost	11443.36	10976.82	11000.85	10702.20
D. Interest on Operating Capital	40244.81	27773.90	31842.54	30800.52
E. Total Variable Cost (B+ C+D)	80489.62	55547.79	63685.07	61601.03
Fixed Costs	988.12	1178.72	1522.52	1481.17
Land Use Cost	6878.68	10060.15	13323.26	12266.09
Total family labor cost	8048.96	5554.78	6368.51	6160.10
F. Total fixed cost	15915.76	16793.65	21214.28	19907.36
G. Gross cost(E+F)	56160.57	44567.54	53056.82	50707.88
H. Gross margin(A-E)	32541.64	20985.42	13262.59	9181.73
I. Net return(A-G)	56870.69	31965.67	23890.84	20074.89
J. Benefit cost ratio (A/G) (undiscounted)	2.01	1.72	1.45	1.40

Source: Author's calculation, based on VDSA data.

Table 5. Activity budgets: Per hectare rice production of large farmers in 2009, 2010, 2011and 2012 (Taka/ha)

Particulars	2009	2010	2011	2012
A. Gross Return	-	82496.35	89448.73	81294.67
Variable Costs				
Cost of Fertilizers	-	4361.95	5193.97	6153.58
Cost of Machineries	-	6786.49	8730.32	8108.71
Cost of Organic Materials	-	1112.71	981.13	614.38
Cost of Pesticides/Fungicides	-	399.92	350.75	305.26
Cost of Seeds		1702.95	1581.28	1403.94
Cost of Weedicides	-	247.73	196.76	290.29
Other Costs	-	2019.31	3045.53	2710.45
B. Total Material Inputs Cost	-	16606.07	20079.73	19586.62
C. Total Hired Labor Cost	-	11753.79	8318.94	10775.05
D. Interest on Operating Capital	-	5671.97	5679.73	6072.33
E. Total Variable Cost (B+ C+D)	-	34031.84	34078.4	36434
Fixed Costs				
Land Use Cost	-	795.85	1174.09	1386.69
Total family labor cost	-	5361.12	12368.76	8976.27
F. Total fixed cost	-	6156.97	13542.85	10362.95
G. Gross cost(E+F)	-	40188.8	47621.25	46796.95
H. Gross margin(A-E)	-	54136.48	61050.07	44860.67
I. Net return(A-G)	-	42307.54	41827.48	34497.72
J. Benefit cost ratio (A/G) (undiscounted)	-	2.05	1.88	1.74

Source: Author's calculation, based on VDSA data.

MAJOR FACTORS AFFECTING PRODUCTION OF RICE

Estimated values of co-efficient and related statistics of Cobb-Douglas production function is presented in Table 6. The result showed that, most of the coefficient i.e. coefficient of fertilizer, machineries, human labor cost, seed cost and herbicides cost had positive impact and only pesticide cost had negative impact on gross return of rice production during the time. All the variables were found significant in 2010 and 2012 at different significant level which means there is opportunity to increase gross return by using more quantity of those factors of production with decreasing pesticide cost. Fertilizer, human labor cost and seed cost were found significant in 2009 which means there is opportunity to increase gross return by using more quantity of fertilizer, human labor cost and seed cost. Machineries, human labor cost, seed cost, pesticide cost and herbicides cost were found significant in 2011 which means by using more quantity of machineries, human labor cost, seed cost and herbicides cost; using less pesticide there is opportunity to increase gross return. Fertilizer cost, machineries cost, human labor cost, seed cost, herbicides cost and pesticide cost were found significant in 2012 which means by using more quantity of fertilizer, machineries, human labor, seed and herbicides ; using less pesticide there is opportunity to increase gross return, which was also found for 2010 (Table 6).

Table 6. Estimated values of coefficient and related statistics of Cobb-Douglas production function of rice production in 2009, 2010, 2011 and 2012.

Explanatory variables	2009		2010		2011		2012	
	Estimated Coefficients	t-value	Estimated Coefficients	t-value	Estimated Coefficients	t-value	Estimated Coefficients	t-value
Intercept	1.55	5.80	3.32	19.21	1.23	6.85	1.54	6.03
Fertilizer(X_l)	0.24***	3.90	0.20***	6.23	0.009	0.24	0.18***	4.27
Machineries (X_2)	0.07	1.34	0.28***	5.92	0.33***	8.42	0.13*	2.67
Human labor cost (X_3)	0.66***	10.13	0.13***	5.02	0.56***	9.92	0.51***	8.42
Seed cost (X_4)	0.06**	1.66	0.34***	7.97	0.15***	3.49	0.22***	5.26
Pesticides cost (dummy variable) (X_5)	-0.003	-0.07	-0.17***	-3.63	-0.09**	-2.42	-0.21***	-4.34
Herbicides cost (dummy variable) (X_6)	0.08	1.58	0.12***	2.69	0.18***	4.84	0.41***	7.64
R^2	0.84		0.88		0.94		0.88	
Adjusted R^2	0.83		0.88		0.94		0.88	
Return to scale	1.03		0.95		1.04		1.04	
F-value	228.59***		434.50***		755.49***		373.38***	

Source: Author's estimation, 2015.
*Note: *** significant at 1% level and*
***significant at 5% level.*

The result of Rasyid et. al., 2016 was that seed, pesticide, fertilizer, labour were the significant factors for the rice production which is similar to this study. Another study found that seed cost, human labour cost, power tiller cost, urea cost, TSP cost, MP cost, irrigation cost, insecticide cost were also found significant to the profitability of rice production (Islam et. al., 2017) and the result is similar to this study.

4 CONCLUSION

Rice production is profitable in the study area and small farmers earned higher profit compared to medium and large farmers. However, the benefit cost ratio which indicates the profitability of rice farmers was decreasing during the period. The rice farmers require great concern on fertilizer cost, machineries cost, human labor cost, seed cost and herbicides cost. The reason is that, these factors of production have significant impact on the production of rice during the time. Thus the present study might be helpful for the researcher, policy makers and to other concerned authorities for conducting further comprehensive research or to plan for the development of the rice farmers specially marginal and small scale farmers of Bangladesh.

REFERENCES

[1] Alam, M.S., 2012. Technology and productivity in rice sector. Article published on Daily Star 09 February, 2012.

[2] APCAS, 2010. Asia and Pacific Commission on Agricultural Statistics, Twenty Third Session, Siem Reap, Cambodia, 26-30 April 2010.

[3] BBS, 2003. Statistical Yearbook of Bangladesh, Bangladesh Bureau of Statistics, Ministry of Planning, Government of the People's Republic of Bangladesh, Dhaka, Bangladesh.

[4] Hyhua, T.S., Bashaasha, B., Nkonyai, E., Kraybill, D., 2007. Analysis on Profit Efficiency in Rice Production in Eastern and Northern Uganda. African Crop Science Journal, 4, 243 – 253.

[5] Islam, M. Z., Begum, R., Sharmin, S., & Khan, A. (2017). Profitability and productivity of rice production in selected coastal area of Satkhira district in Bangladesh. International Journal of Business, Management and Social Research, 3(1), 148-153.

[6] Kolawole, O. (2006). Determinants of profit efficiency among small scale rice farmers in Nigeria: A profit function approach. *Research Journal of Applied Sciences*, *1*(1), 116-122.

[7] Mustafi and Saiful LM 2004. Cost and Returns Modern Rice Cultivation in Bangladesh. Agricultural Economics Division, Bangladesh Rice Research Institute, Gazipur, Bangladesh.

[8] Nasrin J. 2013: Financial Profitability of Aromatic Rice Production and Its Impacts on Farmers' Livelihood in Selected Areas of Tangail District. MS Thesis, Department of Agricultural Economics, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

[9] Nimoh F, Tham-Agyekum EK and Nyarko PK 2012: Resource Use Efficiency in Rice Production: the Case Kpong Irrigation Project in the Dangme West District of Ghana, *International Journal of Agriculture and Forestry,* 2(1), 35-40.

[10] Rahman, M. A., Hasegawa, H., Rahman, M. M., Islam, M. N., Miah, M. M., & Tasmen, A. (2007). Effect of arsenic on photosynthesis, growth and yield of five widely cultivated rice (Oryza sativa L.) varieties in Bangladesh. Chemosphere, 67(6), 1072-1079.

[11] Rasyid, M. N., Setiawan, B., Mustadjab, M. M. and Hanani, N. (2016). Factors that Influence Rice Production and Technical Efficiency in the Context of an Integrated Crop Management Field School Program. American Journal of Applied Sciences, 13 (11), 1201-1204.

[12] Tama, Z.A.R., 2014: Financial and Economic Profitability on Prospects of Exporting Aromatic Rice From Bangladesh, MS Thesis, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.

[13] Tonini, A., Cabrera, E., 2011: Globalizing rice research for a changing world (Technical Bulletin No. 15). Los Banos: International Rice Research Institute.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1211-1219
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'impact de mix marketing sur la décision d'achat féminine des produits cosmétiques : Cas de la wilaya de Béchar, Algérie

[Marketing mix impact on women's purchase of cosmetics : Case of Bechar, Algeria]

Benali Amina

Department of management, University TAHRI MOHAMED, Bechar, 08000, Algeria

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this article is to check the impact of the marketing mix applied to cosmetics on women's purchasing decision.
An empirical study carried out on a sample of 90 women in the Bechar area of Algeria. The results show that the direct involvement of the sales force Acts positively on the purchasing behavior of women. In addition, the variables age, and marital status have a significant moderating effect on the causal links between the reference groups. Managerial implications and recommendations are then proposed.

KEYWORDS: cosmetic product, marketing mix, place, price, promotion, women.

RESUME: L'objectif de cet article est d'examiner l'impact du mix marketing appliqué pour les produits cosmétiques sur la décision d'achat chez les femmes.
Une étude empirique a été faite auprès d'un échantillon de 90 femmes dans la zone de Béchar en Algérie. Les résultats montrent que l'implication directe de la force de vente agisse positivement sur le comportement d'achat des femmes. En plus, les variables âge et état civil, ont un effet modérateur significatif sur les liens de causalité entre les groupes de référence. Des implications managériales et des recommandations sont alors proposées.

MOTS-CLEFS: distribution, femme, promotion, mix marketing, prix, produit cosmétique.

1 INTRODUCTION

Le secteur du produit cosmétique a vu sa croissance vive depuis longtemps, Il doit aujourd'hui intégrer les nouveaux comportements des consommateurs, (surtout le genre féminin qui s'intéresse plus au secteur cosmétique) ; des distributeurs et des concurrents. Cet article discute un certain nombre de tendances qui pourraient servir de base de réflexion aux responsables des marques de beauté : la sensibilité des consommatrices au prix, les effets de la promotion, les nouvelles donnes en matière d'emballage, et enfin, la qualité de service au niveau de lieu de vente ainsi que l'information sur le mode de distribution.

Le papier s'articule en trois points essentiels :

- Un cadre conceptuel et une revue de littérature qui traite l'effet de mix marketing sur le comportement de consommateur en matière des produits cosmétiques ;
- La méthodologie dont on a engagée cette recherche ;
- Les principaux résultats qu'on a reçus à partir d'une enquête de terrain.

2 CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LITTERATURES

Pour comprendre l'effet du mix marketing sur la décision d'achat des consommatrices des produits cosmétiques, il s'avère indispensable de présenter et cerner quelque concept à partir des références de littératures ;

De très nombreuses études en marketing se sont intéressées aux mix marketing et son influence sur le comportement de consommateur ; Noté bien que le concept de mix marketing est continue d'être un instrument basique dès les travaux de Neil H. Borden. (Borden, 1964) et Les études qui ont suivées plongent leurs racines dans les réflexions de Jerome McCarthy. (Constantinides, 2006) ; et largement largement vulgarisé par Philip Kotler sur la règle dite des 4 P. (kotler, 1980)

D'une part, l'effet du mix marketing sur le comportement d'achat a retenu l'attention des marketiciens avec la publication de Gordon miracle sur les caractéristiques du produit en 1965. Depuis les années 70, on commençait à étudier le développement du mix marketing suivant le staffs du comportement du consommateur actuel (Gist , 1974).

Et d'autre part, il existe de rares travaux en marketing qui mettent en évidence les différentes variables du mix marketing qui influencent la décision d'achat féminines sans tomber dans les stéréotypes de marketing gender. *Il existe néanmoins des travaux récents de ce type, leurs résultats* mettent généralement en évidence un effet significatif et notable du mix marketing sur la décision d'achat chez la femme ; Tel que les travaux de Marie- Laure Sauty de Chalon et Benjamin Smadja (2014) et Goi (2009 et 2016).

Le marketing mix s'organise autour des «4 P» ; en combinant quatre facteurs: produit, prix, distribution et promotion.

2.1 LE PRODUIT

En marketing le produit est l'expression physique de la réponse de l'entreprise à la demande. La littérature en marketing s'est surtout intéressée à la liaison entre les caractéristiques de produit et les perceptions, attitudes et comportement de consommateur. L'importance et les qualités distinctives des attributs des produits par rapport aux concurrents sont les facteurs les plus déterminants du choix de la consommation. Plusieurs littératures ont classé quelques éléments de base du produit qui influence la décision d'achat, comme montre le tableau suivant :

Tableau 1. Revue de littérature / Produit.

L'etude	Dimension de produit	La méthodologie	Le nombre d'items	Le type de produit
Anjali Sharma (2013)	La marque	Empirique / spss	121 femmes	Les produits de beauté
Askegaard, S, Gertsen, M. C., & Langer, R. (2002)	Type de service	Entrevues	15 femmes	La chirurgie esthétique
Hwang, A. S.(2004)	Contenu et de design	Entretien	Une entreprise coréenne	Les nouveaux produits cosmétiques anti âges
Johri, L. M., & Sahasakmontri, K.(1998).	Le produit vert	Enquête de terrain par questionnaire	125 personnes	Les produits cosmétiques bios

2.2 LE PRIX

Le prix est un déterminant direct des bénéfices (ou pertes) liés aux ventes du produit. Le prix détermine également, dans une certaine mesure, le type de consommateur et de concurrence que l'organisation attirera. Et pour attirer les consommatrices, il faut proposer le meilleur rapport qualité-prix par rapport aux autres produits de la même catégorie, d'où l'importance de mettre en valeur les attributs de qualité spécifique du produit cosmétique pour justifier un prix plus élevé.

Dans la littérature en marketing, se trouve pas mal de références qui abordent l'effet du prix sur la décision d'achat, et dans notre papier on s'intéresse plus aux celles qui destinées aux produits cosmétiques comme montre le tableau suivant :

Tableau 2. Revue de littérature / Prix.

L'étude	Dimension de prix	La méthodologie	Le nombre d'items	Le type de produit
Anderson, P. M., & He, X. (1998).	Segment de prix	Enquête empirique	3000 personnes	Les produits de grande consommation /produits cosmétiques
Thompson, G. D., & Kidwell, J. (1998).	Les prix conventionnels	Équation modèle probit.	15 magasins	Les produits cosmétiques bios
BRANDMEYER, K., & SCHMIDT, M.(1995).	La baisse des prix	Enquête	Le marché européen	Les parfums

2.3 LA DISTRIBUTION

On entend par distribution l'ensemble des opérations par les quelles un bien sortant de l'appareil de production est mis à la disposition du consommateur ou de l'utilisateur (Dubois, 1992).

Tableau 3. Revue de littérature / Distribution.

L'étude	Dimension de distribution	La méthodologie	Le nombre d'items	Le type de distribution
Dano, F., Roux, E., & Nyeck, S. (2003).	Distribution de masse	Entretien individuel	120 hommes	Institut de beauté (nickel)
Zero, D. T. (2006).	Mode distribution	Tests de laboratoire	8 marques de dentifrices / panel familles.	Les producteurs de dentifrice
Abbès-Sahli, M., & Hetzel, P. (2005).	La gestion de la relation client	Etude exploratoire	Deux entreprises leader	Les enseignes de parfum

2.4 LA PROMOTION

La promotion est un aspect important du marketing mix: il est crucial de communiquer avec les consommatrices existantes et potentielles et de fournir des informations sur les caractéristiques du produit cosmétique.

Tableau 4. Revue de littérature / Promotion.

L'étude	Dimension de promotion	La méthodologie	Le nombre d'items	Le type de produit
Applbaum K (2006)	La publicité imprimée	Analyse descriptive	2 producteurs	Les produits pharmaceutiques (cosmétiques)
Robin A. Coulter, Lawrence F. Feick, Linda L. Price, (2002)	Leadership d'opinion	Enquête	340 femmes	Tous les produits cosmétiques
RICHARD, M. (2008)	Le mailing en ligne	Enquête en ligne	2 clubs leader	Les clubs créateurs de beauté

3 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

L'enquête porte sur un échantillon de 90 femmes ; toutes consommatrices de produits cosmétiques, et on a choisi de limiter, pour des raisons pratiques, l'étude à un échantillon féminin et ce, parce que les femmes ont une consommation de produits cosmétiques et notamment de certaines gammes (maquillage…) est nettement plus développée que celle des hommes. Et même si l'échantillon interrogé présente des caractéristiques similaires tel que le genre et le lieu d'habitation (Béchar), il offre néanmoins des profils variés en terme d'âge (à partir de 15 ans), de catégorie socioprofessionnelle (étudiante, femme au foyer, professions libérales, cadres, employées……etc) et de l'état matrimoniale (célibataire, mariée, veuve, divorcée avec ou sans enfants).

La collecte de données se fait par un entretien personnel avec la personne concernée et le traitement se fait par le SPSS version 21.

Et pour la mise en œuvre de ce modèle, on prend en compte les critères qui ont une influence notable sur la l'achat des produits cosmétiques par ces femmes.

Le modèle permet de déterminer l'effet de chaque variable entre eux, dont on a :

- Le produit et ses caractéristiques ;
- Le prix ;
- La promotion ;
- La distribution.

Le modèle proposé permet de calculer de combien la prise en compte d'un effet spécifique modifie la décision d'achat des produits cosmétiques chez la femme par rapport à la situation de référence.

Les principaux facteurs mercatiques influençant la prise de décision d'achat chez la femme sont: (Comme montre le schéma suivant) :



Fig. 1. Les principaux déterminants de l'étude.

4 LES RÉSULTATS

Cette partie traite l'analyse des réponses qui ont été données par les consommatrices. Ainsi nous avons choisi cet ensemble de variables parmi les variables explicatives de l'achat des produits cosmétiques qui ont été identifiées en marketing. Cette sélection, nous paraît particulièrement adaptée à la consommatrice bécharoise.

Pour analyser les réponses obtenues, nous avons tenu à expliquer les variables suivantes :

4.1 LE PRODUIT ET SES CARACTERISTIQUES

Les attributs du produit ont un effet très marqué. Le taux d'achat du produit cosmétique est très fort chez les consommatrices qui accordent plus d'importance au caractère sensoriel des cosmétiques. Elles sont souvent à a recherche des produits avec des odeurs et des textures agréables. Elles essaient d'allier le côté plaisir et beauté, il augmente de plus en plus jusqu' à 35 ans, puis il baisse progressivement.

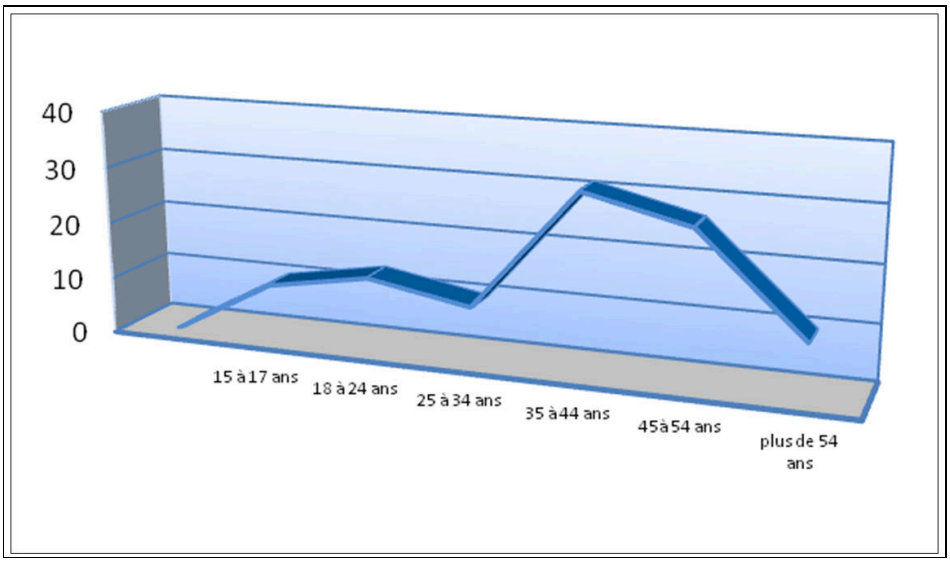


Fig. 2. Le taux d'achat selon l'age de la femme interviewée.

4.1.1 LA MARQUE

Le premier rôle de la marque est bien de nommer le produit afin de permettre aux consommateurs de l'identifier car seul ce qui est nommé existe, sort de l'indistinct, acquiert une réalité (Botton et Cegarra, 1990).

Pour notre étude les interviewées attribuent une forte importance aux labels, aux marques. En outre, elles cherchent d'avantages de produits naturels, sans additifs qui pourraient abîmer leur peau et ce phénomène s'est accentué depuis les scandales concernant des produits de contrefaçon. Les consommatrices bécharoises se tournent plutôt vers les marques étrangères.

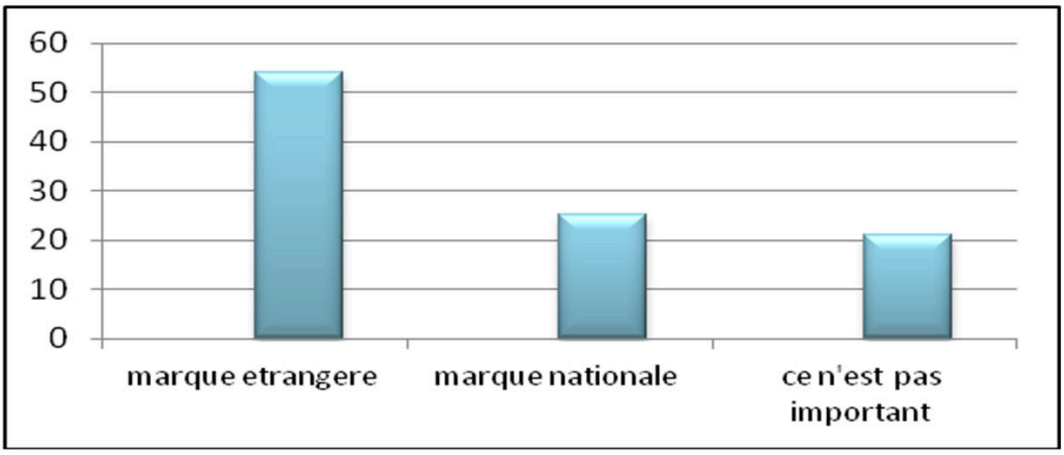


Fig. 3. Le taux d'achat selon l'origine de la marque

4.1.2 LE CONDITIONNEMENT ET L'EMBALLAGE

Dans notre cas, il apparaît que l'effet de conditionnement et emballage des produits cosmétiques est plus important lorsque le produit est perçu de qualité inférieure à ce que laissaient supposer les attentes. Les produits qui ont bien emballé ça reflète une bonne qualité pour les consommatrices bécharoises.

4.2 LE PRIX

4.2.1 OFFRE PROMOTIONNELLE

Les facteurs promotionnels qui influencent le plus les choix sont correspondants aux attributs des marques et aux préférences et expériences d'achat précédentes des consommatrices. Si les facteurs liés au rapport prix / promotion est très important, il ne peut pas cependant dominer l'usage et les préférences. L'usage et les préférences sont donc contrôlés dans l'échantillon.

4.2.2 PRIX INFERIEURE

Une relation négative entre le niveau de prix inferieur des produits cosmétiques et la décision d'achat de ces produits a été mise en évidence. On s'attend donc à ce que, par l'interaction entre prix et marque, « l'effet positif du prix inferieur sur le taux de rejet (soit) plus faible pour les acheteurs habituels de la marque » Les acheteurs habituels de la marque connaissant mieux le prix de celle-ci, l'écart (prix attendu-prix observé) devrait être perçu plus clairement et donc, par l'interaction entre promotion et marque, « l'effet positif du prix inferieur sur le taux de rejet est plus fort pour les acheteurs qui n'ont pas une certaine fidélité aux marques ». Ces résultats se sont les mémés trouvées par Bell et Lattin (2000).

4.3 LA PROMOTION

4.3.1 LA SOURCE D'INFORMATION

Le figure ci-dessous résume les différentes sources dont les femmes comptent sur elles pour acheter des cosmétiques et qui constituent la base du mix promotionnel,

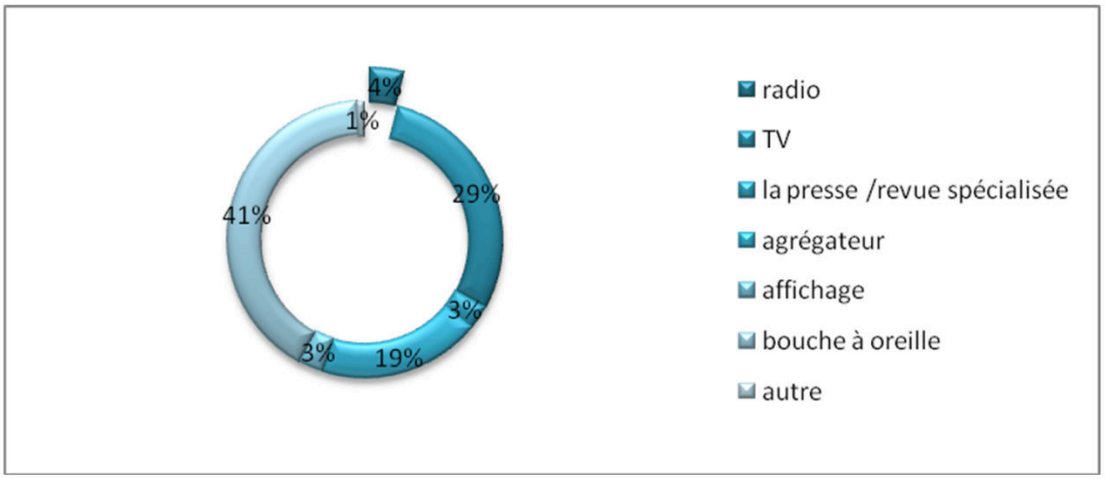


Fig. 4. Le taux d'achat selon la source d'information

4.3.2 MARKETING DIRECT

Pour notre étude réalisée dans le secteur des produits cosmétiques, il apparait que la femme est compte beaucoup sur le commerçant (ou le pharmacien) de ces produits, pour lui expliquer : le mode d'emploi et pour lui indique le produit le plus approprier (dans le cas de maquillage par exemple). Mais cette observation est variée selon l'âge de l'acheteuse bécharoise et sa catégorie socioprofessionnelle, suivant le diagramme suivant :

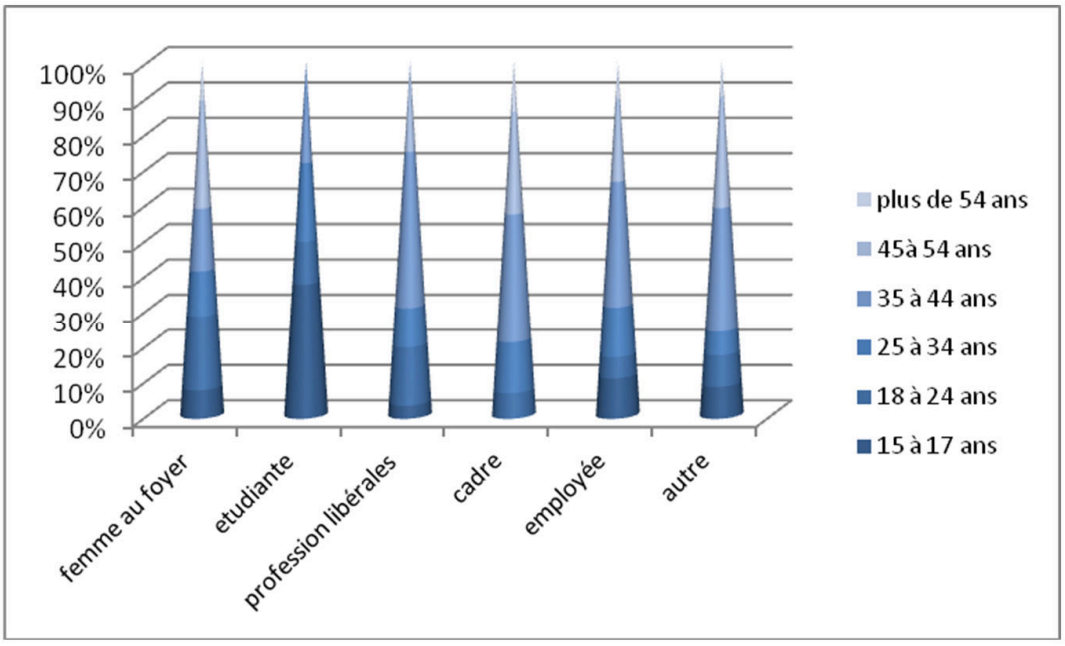


Fig. 5. L'influence du marketing direct selon l'âge et la catégorie socioprofessionnelle.

4.4 LA DISTRIBUTION

4.4.1 STYLE DE POINT DE VENTE

Le produit doit pour avoir une chance d'être acheté, pouvoir être trouvé (là où il sera cherché) par la cible et doit en conséquence être correctement distribué. On a pris en considération tous les points de vente (existant sur le marché bécharois) fréquentés par des femmes.

Les réponses obtenues (voir graphique suivant), nous permettent d'apporter quelques explications à cet égard. On remarque ainsi que (49%) des répondants déclarent avoir effectué des achats des produits cosmétiques auprès des commerces de centre-ville, (21%) des répondants avouent qu'ils effectuent leurs achats auprès des pharmacies, (19%) auprès des grands magasins (supérettes…), et Les autres c'est-à-dire (11%) auprès des autres points de ventes tels que la vente libre non réglementée.

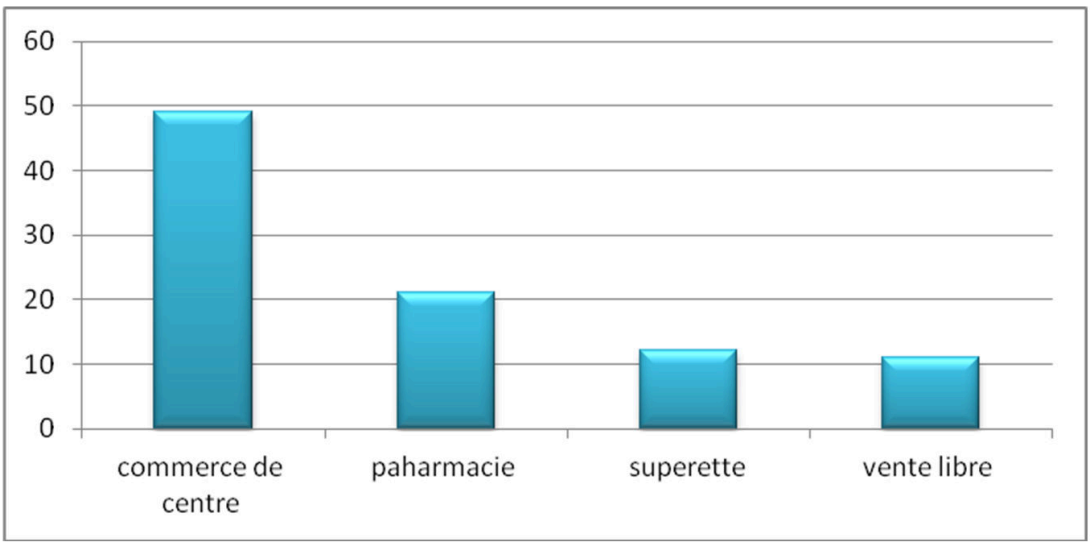


Fig. 6. Le taux d'achat selon le lieu de vente.

4.4.2 LA DISPONIBILITE

La disponibilité influence fortement le niveau d'achat, quelle que soit leur évaluation chez la femme interviewée. On répond au staff suivant " je cherche le produit ailleurs, si je ne trouve pas près de chez moi"

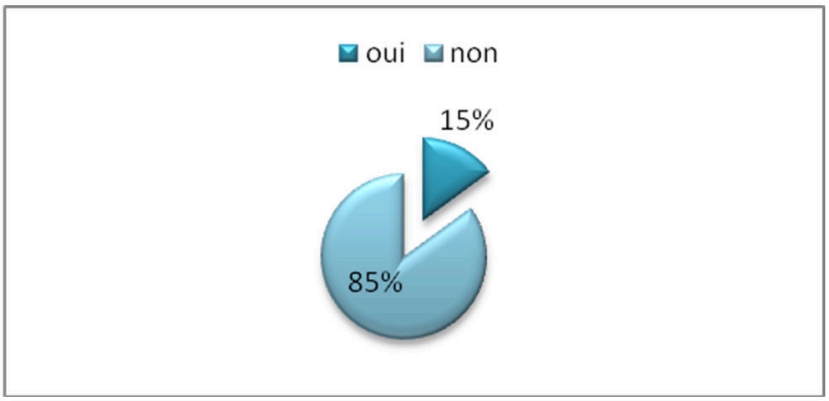


Fig. 7. Le taux d'achat suivant la disponibilité

5 CONCLUSION

Cette recherche présente un intérêt théorique pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle permet de vérifier empiriquement que :

- Le choix de proposer des prix inférieurs aux prix habituel de tel marque peut aussi avoir influencé les réponses des consommatrices qui connaissent le prix habituel de tel marque et se sentient manipulées.
- Néanmoins, certaines limites doivent être soulignées pour cette recherche : elles sont liées d'une part à la taille réduite de notre échantillon et d'autre part à la nature qualitative de notre recherche, qui ne nous a pas permis de mesurer les comportements réels des acheteuses ni d'étudier la persistance de leur résistance à long terme. Il serait donc souhaitable d'étendre cette recherche à un échantillon.
- Plus large de consommatrices de produits cosmétiques et de développer un instrument de mesure de la résistance et des comportements alternatifs de consommation afin d'expliquer les liens éventuels entre les éléments mercatiques.

REFERENCES

[1] Abbès-Sahli, M., & Hetzel, P. (2005). Enjeux et perspectives de la gestion de la relation client: une application à la distribution des parfums et cosmétiques en France. Revue française du Marketing, (202), 37.
[2] Anderson, P. M., & He, X. (1998). Price influence and age segments of Beijing consumers. Journal of Consumer Marketing, 15(2), 152-169.
[3] Applbaum K (2006) Pharmaceutical Marketing and the Invention of the Medical Consumer. PLoS Med 3(4): e189. doi:10.1371/journal.pmed.0030189
[4] Askegaard, S., Gertsen, M. C., & Langer, R. (2002). The body consumed: Reflexivity and cosmetic surgery. Psychology & Marketing, 19(10), 793-812.
[5] Bell D., Lattin J. (2000), Looking for loss aversion in scanner panel data: the confounding effect of price response heterogeneity, Marketing Science, 19, 2, 185–200
[6] Borden, N. H. (1964). The concept of the marketing mix. Journal of advertising research, 4(2), 2-7.
[7] Botton M., Cegarra J. J. (1990), Le nom de marque : création et stratégie de marque, Paris , McGraw-Hill.
[8] BRANDMEYER, K., & SCHMIDT, M. (1995). LA GUERRE DES PRIX DANS LES PARFUMS: De l'autodestruction d'un secteur. Décisions Marketing, 15-22.
[9] Constantinides, E. (2006). The marketing mix revisited: towards the 21st century marketing. Journal of marketing management, 22(3-4), 407-438.
[10] Dano, F., Roux, E., & Nyeck, S. (2003). LES HOMMES, LEUR APPARENCE ET LES COSMÉTIQUES: Approche socio-sémioîique. Décisions Marketing, (29), 7-18. Retrieved from http://www.jstor.org.www.sndl1.arn.dz/stable/40592941

[11] Dano, F., Roux, E., & Nyeck, S. (2003). LES HOMMES, LEUR APPARENCE ET LES COSMÉTIQUES: Approche socio-sémioîique. Décisions Marketing, 7-18.
[12] Dubois P .L (1992) , article distribution , encyclopaedia universalis , Paris , Corpus 6 , p 287 -292 .
[13] Gist, R. R. (1974). Marketing and society: text and cases. Holt Rinehart & Winston.
[14] Goi, C. L. (2009). A review of marketing mix: 4Ps or more?. International journal of marketing studies, 1(1), 2.
[15] Hwang, A. S. (2004). Integrating technology, marketing and management innovation. Research-Technology Management, 47(4), 27-31.
[16] Johri, L. M., & Sahasakmontri, K. (1998). Green marketing of cosmetics and toiletries in Thailand. Journal of Consumer Marketing, 15(3), 265-281.
[17] Kotler, P., & Cox, K. K. (1980). Marketing management and strategy. Prentice Hall.
[18] Marie- Laure Sauty de Chalon, Benjamin Smadja L'art du marketing to women, Dunod,2014
[19] Miracle, Gordon E. "Product Characteristics and Marketing Strategy." Journal of Marketing, vol. 29, no. 1, 1965, pp. 18–24. www.jstor.org/stable/1248775.
[20] Pecchioli, B. (2011). Modification du nominal des actions en France: signal ou événement cosmétique?. Cahier de Recherche n, 10.
[21] RICHARD, M. (2008). La Révolution Internet dans le monde de la communication Marketing: L'exemple du mailing au Club des Créateurs de Beauté. Publications Études & Analyses.
[22] Robin A. Coulter, Lawrence F. Feick, Linda L. Price, (2002) "Changing faces: cosmetics opinion leadership among women in the new Hungary", European Journal of Marketing, Vol. 36 Iss: 11/12, pp.1287 – 1308
[23] Sharma, A., Bhola, S., Malyan, S., & Patni, N. (2013). Impact of Brand Loyalty on Buying Behavior of Women Consumers for Beauty Care Products-Delhi Region. Global Journal of Management and Business Studies, 3(7), 817-824.
[24] Thompson, G. D., & Kidwell, J. (1998). Explaining the choice of organic produce: cosmetic defects, prices, and consumer preferences. American Journal of Agricultural Economics, 277-287.
[25] Zero, D. T. (2006). Dentifrices, mouthwashes, and remineralization/caries arrestment strategies. BMC Oral health, 6(1), S9.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1220-1229
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Typologie de la pêche sur le lac de barrage de Buyo (Fleuve Sassandra, Côte d'Ivoire)

[Fishing typology in man-made lake Buyo (Sassandra River, Côte D'Ivoire)]

GOLI BI Binta Eric Pacôme[1], KIEN Kouassi Brahima[2], KAMELAN Tanoh Marius[1], BERTE Siaka[1], and KOUAMELAN Essetchi Paul[1]

[1]Département de Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Ecotechnologie des Eaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 fishing typology on the Buyo Lake Dam was studied monthly from July 2017 to June 2018. For this purpose, a questionary survey was administered to fishers, interviews were held with the lake managers and direct observations of the field were made. Fishing in this reservoir is of the artisanal type, practiced individually by Ivorians from non-Ivorians. A total, 215 fishermen were identified, including 70.7% Malians, 24.18% Ivorians and 5.12% Burkinabe. The fishing activity is dominated by fishermen of Bozo ethnicity from Mali (67.91%). Fishing is mostly practiced by adults ranging in age between 30 and 45 years and includes both professional fishermen and occasional. Most actors have no level of study. Only 11.54% of Ivorians have a primary level while 9.2% of non-Ivorians have done Koranic school. Gillnets are the most used catching gear. The low level of education of fishermen and the meshes below the standard they use are a real obstacle to the sustainable management of fisheries resources.

KEYWORDS: Fishing, Fishing gears, Artisanal fishery, man-made Lake Buyo, Côte d'Ivoire.

RESUME: La typologie de la pêche sur le lac de barrage de Buyo a été étudiée mensuellement de juillet 2017 à juin 2018. A cet effet, un questionnaire a été administré aux pêcheurs, des entretiens ont eu lieu avec les gestionnaires du lac et des observations directes des sur le terrain ont été faites. La pêche dans ce réservoir est de type artisanal, pratiquée de façon individuelle par des ivoiriens des non ivoiriens. Au total, 215 pêcheurs ont été identifiés dont 70.7% de maliens, 24.18% d'ivoiriens et 5.12% de burkinabés. L'activité de pêche est dominée par les pêcheurs d'ethnie bozo du Mali (67.91%). La pêche est majoritairement pratiquée par des adultes dont l'âge varie entre 30 et 45 ans et concerne tant des pêcheurs professionnels qu'occasionnels. La plupart des acteurs n'ont aucun niveau d'étude. Seulement 11.54% d'ivoiriens ont un niveau primaire tandis que 9.2% de non ivoiriens ont fait l'école coranique. Les filets maillants sont les engins de capture les plus utilisés. Le faible niveau d'instruction des pêcheurs et les maillages en dessous de la norme qu'ils utilisent, constituent une véritable entrave pour la gestion durable des ressources halieutiques.

MOTS-CLEFS: Pêche, Engins de pêche, Pêche artisanal, Lac de barrage de Buyo, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La pêche continentale revêt une importance capitale pour les populations riveraines des cours et plan d'eau dans la mesure où elle contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle sans oublier les revenus monétaires et les autres utilités socioculturelles [1]. En outre, elle constitue un enjeu économique pour de nombreuses communautés riveraines [2] et demeure

une source appréciable de d'approvisionnement en protéines [3]. En Côte d'Ivoire, les principales activités de la pêche continentale, de type artisanal, sont concentrées sur les barrages hydroélectriques que sont les lacs de Kossou, Buyo, Ayamé, Taabo et Faé [4], [5], [6]. De nombreuses communautés riveraines se sont orientées vers cette activité pour divers raisons. La crise économique, la démographie galopante, les insuccès scolaires, le chômage, la baisse des prix des cultures d'exportation et les gains générés par les pêcheurs professionnels étrangers [6] encouragent ces riverains dans leur prise de décision. En Côte d'Ivoire, la référence [7] estime la production halieutique à 43 532 tonnes pour une valeur de 19 milliards de francs CFA. L'activité de pêche permet également de créer un nombre important d'emplois dans la transformation et la commercialisation du poisson [8]. Elle est réalisée par un ensemble d'acteurs (pêcheurs, mareyeuses, fumeuses) qui ne participent pas tous directement à l'exploitation des ressources, mais qui jouent un rôle important dans la mise en valeur des produits débarquées [9]. La pêche artisanale apparaît donc bien structurée à chacune des étapes. Cependant, le déficit d'information constitue un handicap dans l'élaboration et la conduite de plan d'aménagement et de gestion de tout secteur socio-économique [10]. Le lac de barrage de Buyo n'échappe pas à cette situation. En effet, la synthèse des travaux de [11], [12] et [13] sur ce lac, montre uniquement une réglementation insuffisante, un marché de concurrence imparfaite, un effort de pêche élevé, une baisse de la production et des conflits. Aucun plan de gestion rationnel n'a été formulé pour ce plan d'eau. Or, il est incontestable qu'en absence de mesures de contrôle de gestion des ressources halieutiques, l'effort de pêche reste élevé occasionnant ainsi une baisse de la production [11] et souvent des conflits entre pêcheurs pour le contrôle des ressources [13], [12].

La présente étude s'intègre dans une série de travaux visant à constituer une base de données sur l'activité halieutique pratiquée sur les lacs, les bassins versants des fleuves et rivières de Côte d'Ivoire en vue d'un plan de gestion des plans d'eau. Elle a été réalisée sur le lac de barrage de Buyo dans le but d'approfondir les connaissances sur la pêche de ce lac. Elle s'attèle à décrire l'organisation des pêcheurs d'une part, et les engins et techniques de pêches déployés sur le lac de barrage de Buyo d'autre part afin de mettre en place des mesures pour une meilleure gestion des pêcheries et assurer ainsi la durabilité des ressources halieutiques.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « Etudes scientifiques aux fins de proposer une règlementation nationale pour une exploitation rationnelle des ressources halieutiques en eau continentale » entre la Direction de l'Aquaculture et de la Pêche (DAP), le Programme d'Appui à la Gestion Durable des Ressources Halieutiques (PAGDRH) et l'Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB).

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le lac de barrage hydroélectrique de Buyo (Figure 1) a été construit à la limite du Parc National de Taï, à 4 Km en aval du confluent du N'Zo et du Sassandra, noyant environ 8400 hectares de forêt du parc [14]. Selon [15], le lac de Buyo occupe un bassin versant de 46 250 Km^2. Ce lac est compris entre 06°14' et 07°03'de latitude Nord et 06°54' et 07° 31' de longitude Ouest [16]. Trois stations d'étude que sont Guessabo (06°43'56"N et 06°58'48"W), Buyo ville (06°44'12.03"N et 06°57'17.53"W) et PK15 (06°14'36.180"N et 07°07'51.359"W) ont été définies sur cette zone d'étude en fonction de l'existence d'une exploitation commerciale de poissons, de la densité de leur population et de leur accessibilité en toute saison par la route.

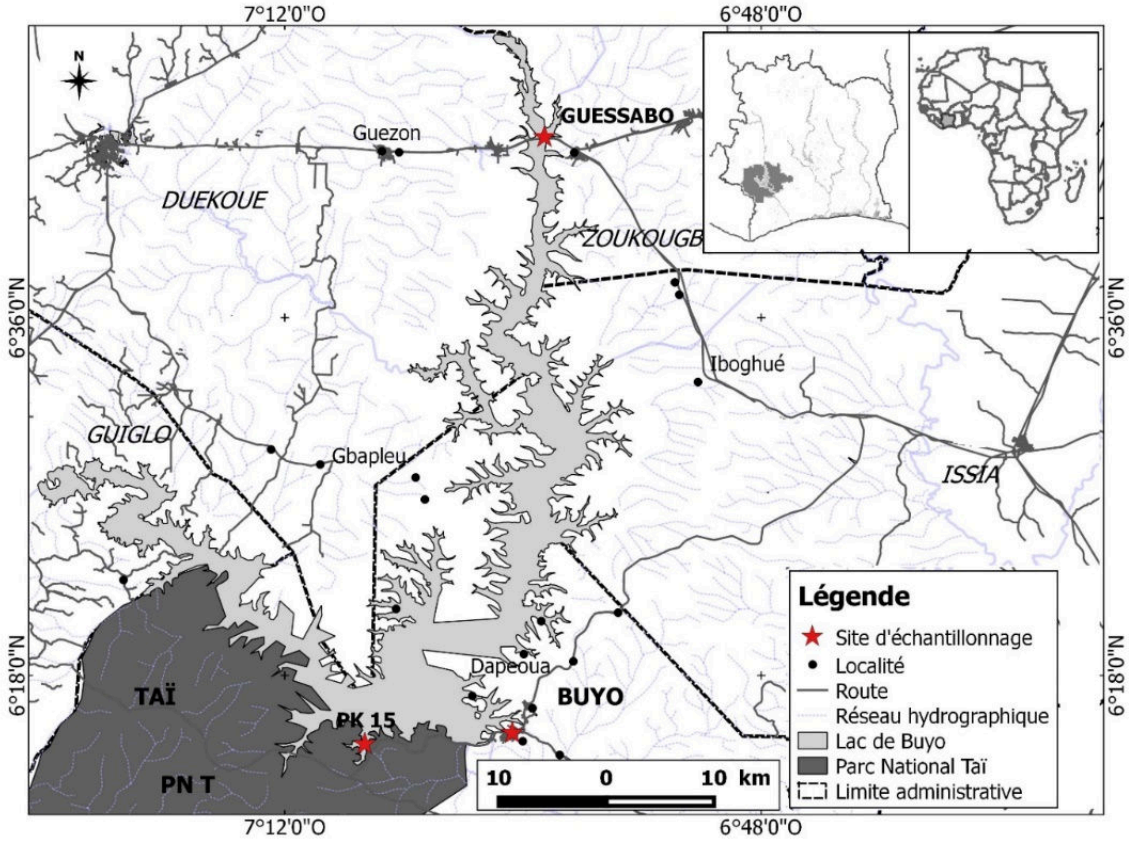


Fig. 1. Situation géographique du lac de Buyo et localisation des stations d'échantillonnage (★)

2.2 COLLECTES DES DONNÉES

Un suivi quotidien des activités de pêche sur le lac de barrage de Buyo et des enquêtes mensuelles de juillet 2017 à juin 2018 aux différents débarcadères des sites choisis dans la zone d'étude ont été réalisés au cours de cette étude. La technique de collecte de données est celle utilisée par [11] et par [17]. Elle comporte 3 volets. L'enquête par questionnaire qui a consisté à administrer à chaque pêcheur, un questionnaire pour des informations concernant l'état civil du pêcheur, sa nationalité, sa situation matrimoniale, sa religion, ses charges familiales, son niveau d'étude, les techniques de pêche utilisées, ses types d'embarcation, ses activités annexes à la pêche et mobilité, le mode de financement de l'activité de pêche et revenus. L'enquête par entretien qui a consisté à interroger les autorités administratives, coutumières locales et les responsables techniques en charge de la gestion de ce plan d'eau pour des données qualitatives sur la gestion de l'activité de pêche dans le zone d'étude. L'observation directe des faits qui a consisté à suivre les acteurs dans leurs différentes activités a permis de vérifier les informations recueillies à partir des questionnaires.

Les critères de classification des pêcheurs, basés sur la nationalité et l'ethnie, le temps consacré à la pêche, les revenus qui en sont tirés, le mode de financement de l'activité de pêche et la répartition des pêcheurs par tranche d'âge sont inspirés de ceux de [11], [13] et [17]. La répartition des pêcheurs selon le niveau d'étude et la situation matrimoniale est faite selon [18].

Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel Excel.

3 RESULTATS

3.1 STRUCTURE DES PÊCHEURS PAR NATIONALITÉ ET PAR ETHNIE

L'activité de pêche sur le lac de barrage de Buyo est pratiquée par les ivoiriens, les maliens et les burkinabés) (Tableau 1). Au total, 215 pêcheurs ont été recensés sur l'ensemble du lac. L'analyse du tableau 1 montre que cette population de pêcheurs est dominée par les maliens (70,7 %) suivis des ivoiriens (24,18%) et des burkinabés (5,12%). Les ivoiriens regroupent 7 groupes ethniques, les maliens en compte 2 et les burkinabés sont représentés par un seul groupe ethnique. Les résultats montrent également que les bozos (maliens) constituent le groupe ethnique le plus représenté (67,91% des pêcheurs). Ils sont suivis des

gnambois (ivoiriens) avec une proportion de 14,42% et des mossis (burkinabés) qui regroupent 5,13% des pêcheurs du lac de Buyo. Les données sur la répartition des pêcheurs révèlent que Guessabo (51,63%) concentre le plus grand nombre de pêcheurs. Viennent ensuite les stations de PK15 (38,60%) et de Buyo ville (9,77%).

Tableau 1. ***Répartition des pêcheurs selon l'ethnie et la nationalité à Guessabo, Buyo ville et PK15 sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.***

Localités	**Guessabo**		**Buyo ville**		**PK15**		**Total par ethnie et nationalité**	
Nationalités /ethnies	**Effectif**	**%**	**Effectif**	**%**	**Effectif**	**%**	**Effectif**	**%**
Ivoiriens								
Gnamboi	30	13,95	1	0,46	0	0	31	14,42
Baoulé	3	1,40	0	0	3	1,40	6	2,79
Bété	2	0,93	0	0	0	0	2	0,93
Dioula	4	1,86	3	1,40	3	1,40	10	4,65
Mahouca	0	0	1	0,46	0	0	1	0,46
Senoufo	0	0	0	0	1	0,46	1	0,46
Yacouba	1	0,46	0	0	0	0	1	0,46
Total ivoiriens	**40**	**18,60**	**5**	**2,32**	**7**	**3,26**	**52**	**24,18**
Maliens								
Bozo	60	27,91	12	5,58	74	34,41	146	67,91
Djene	1	0,46	3	1,40	2	0,93	6	2,79
Total maliens	**61**	**28,37**	**15**	**6,98**	**76**	**35,34**	**152**	**70,70**
Burkinabés								
Mossis	10	4,65	1	0,46	0	0	11	5,12
Total burkinabés	**10**	**4,65**	**1**	**0,46**	**0**	**0**	**11**	**5,12**
Total par localité	**111**	**51,63**	**21**	**9,77**	**83**	**38,60**	**215**	**100**

3.2 STRUCTURE DES PÊCHEURS EN FONCTION DE L'ÂGE ET DE LA NATIONALITÉ

Nos résultats montrent que l'essentiel de l'activité de pêche sur le lac de barrage de Buyo est assurée par des individus dont l'âge est compris entre 30 et 45 ans (50,23%). Cette tranche d'âge regroupe 61.54% de pêcheurs ivoiriens et 46.63% de pêcheurs non ivoiriens (Figure 2).

3.3 STRUCTURE DES PÊCHEURS EN FONCTION DU NIVEAU D'ÉTUDE ET DE LA NATIONALITÉ

La figure 3 présente la répartition des pêcheurs en fonction du niveau d'étude et de la nationalité. Parmi les pêcheurs exerçant sur le lac de barrage de Buyo, ceux qui n'ont aucun niveau d'étude (80,19%) sont les plus nombreux avec une proportion de 85.28% de pêcheurs non ivoiriens et 80.77% de pêcheurs ivoiriens.

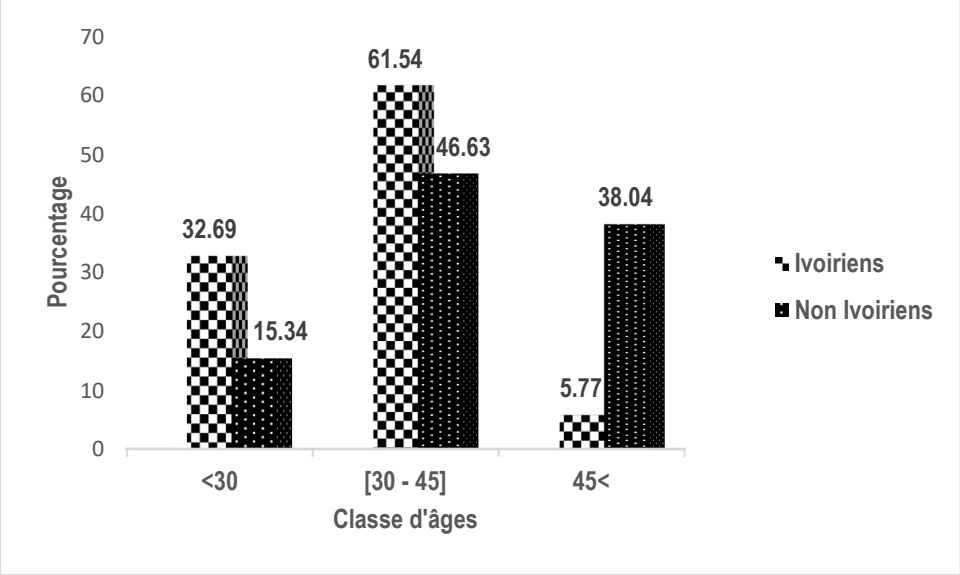


Fig. 2. Répartition des pêcheurs selon la tranche d'âge et la nationalité sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.

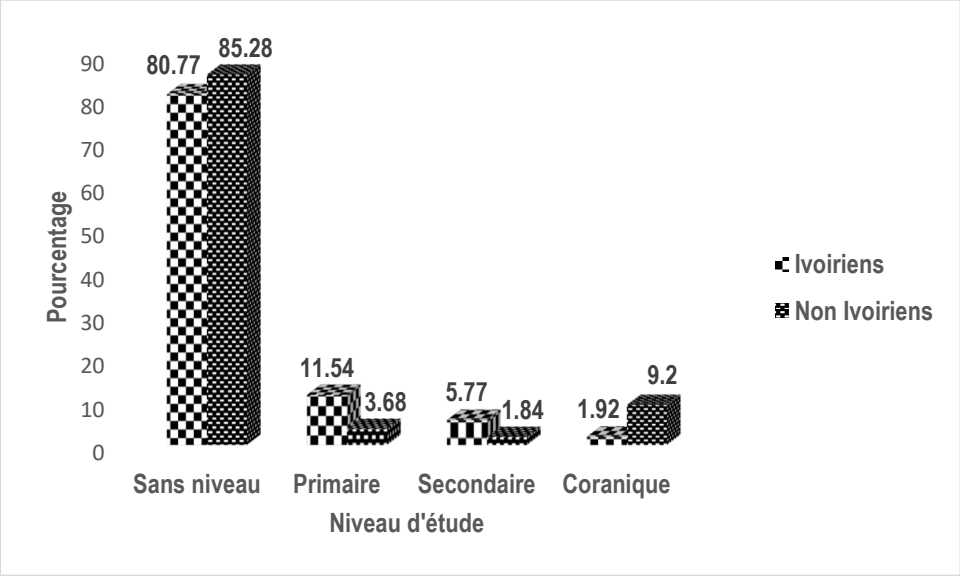


Fig. 3. Répartition des pêcheurs selon le niveau d'étude et la nationalité sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.

Parmi les pêcheurs scolarisés (19,81%), la plupart ont le niveau primaire (11.54%) chez les pêcheurs ivoiriens. Chez les non ivoiriens, 9.2% des pêcheurs ont fait l'école coranique et ceux qui ont un niveau secondaire représentent 3,68% de cette communauté.

3.4 STRUCTURE DES PÊCHEURS EN FONCTION DE LA SITUATION MATRIMONIALE ET DE LA CHARGE FAMILIALE

Sur l'ensemble des pêcheurs enquêtés de la zone d'étude, les mariés sont les plus nombreux aussi bien chez les ivoiriens (84.62%) que chez les non ivoiriens (91.41%) (Figure 4).

Chaque pêcheur a en charge un nombre d'individus compris entre 0 et 13 personnes. Le nombre le plus élevé est observé chez les non ivoiriens.

Les dépenses quotidiennes s'élèvent de 3000 à 7000 F CFA pour les ivoiriens contre 2000 à 5000 F CFA pour les non ivoiriens. Les revenus des pêcheurs servent principalement à satisfaire les besoins des ménages.

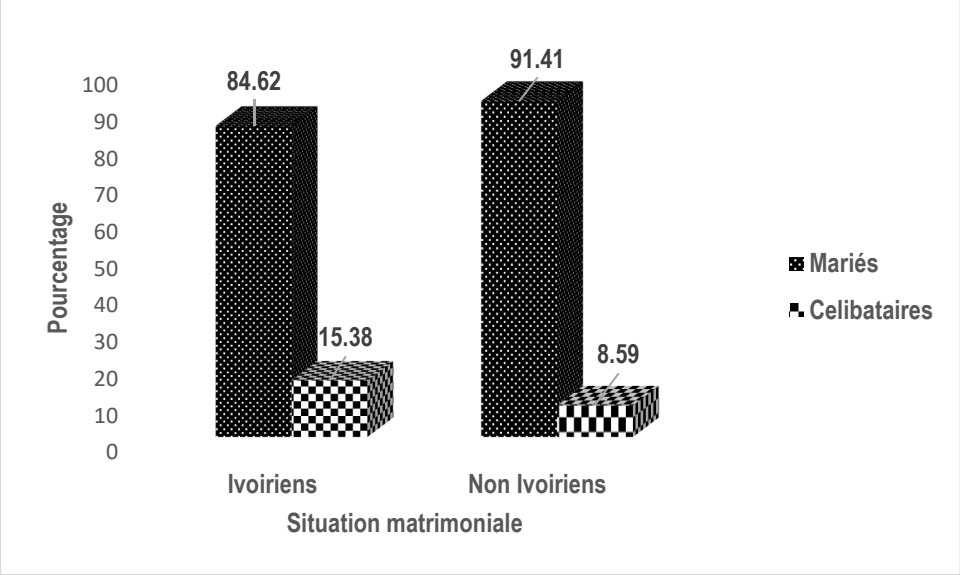


Fig. 4. Répartition des pêcheurs selon la situation matrimoniale et la nationalité sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.

3.5 STRUCTURE DES PÊCHEURS EN FONCTION DE CATÉGORIE

Trois catégories de pêcheurs ont été identifiées sur l'ensemble du lac de barrage de Buyo (Figure 5). Il s'agit des pêcheurs professionnels qui sont les plus nombreux (93,95%), des pêcheurs occasionnels (4,65%) et les aide-pêcheurs (1,4%). Les pêcheurs professionnels sont des individus qui font de la pêche une activité principale et l'exercent toute l'année. Les pêcheurs occasionnels sont ceux qui pratiquent la pêche pour subvenir aux besoins alimentaires ou pour résoudre un problème financier. Ils ont pour activité principale l'agriculture, la menuiserie ou le transport. Les aide-pêcheurs constituent le personnels d'appui des pêcheurs professionnels dans leur pratique quotidienne de la pêche. Ces derniers sont en général les membres de la famille ou de la communauté du chef-pêcheur qu'ils secondent. Ils encaissent les recettes de la vente des produits de la pêche.

Chez les ivoiriens, 79.63% des pêcheurs sont professionnels, 16.67% sont des pêcheurs occasionnels et 3.7% des aide-pêcheurs. Chez les non ivoiriens, 94.64% des pêcheurs sont des professionnels, 2.38% sont occasionnels et 2.98% des aide-pêcheurs.

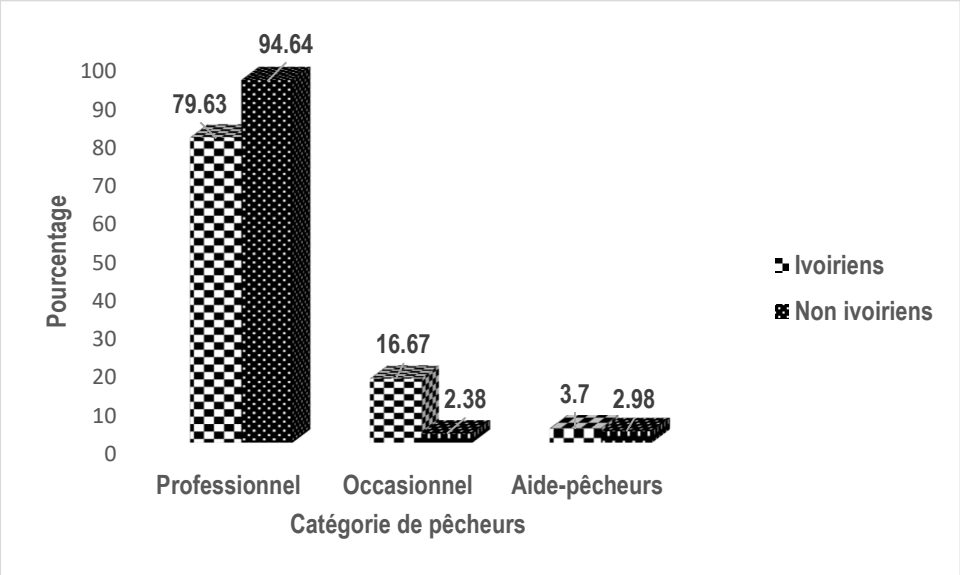


Fig. 5. Répartition des pêcheurs selon la catégorie et la nationalité sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.

3.6 MODE DE FINANCEMENT DE L'ACTIVITÉ DE PÊCHE

La figure 6 présente les différents modes de financement des activités de pêche sur le lac de barrage de Buyo. Le financement personnel est privilégié aussi bien par les acteurs ivoiriens (80,77%) que non ivoiriens (87,12%). Du crédit a été accordé à 19.23% des pêcheurs ivoiriens et 12.88% des pêcheurs non ivoiriens pour financer leurs activités. Ces acteurs toute nationalité confondue ne bénéficient d'aucun don de matériels ou financier pour entamer une activité de pêche.

3.7 ENGINS ET TECHNIQUES DE PÊCHE

Cinq principaux types d'engins de pêche sont utilisés pour les activités de pêche sur le lac de barrage de Buyo. Il s'agit des filets maillants, des nasses, des éperviers, des palangres et de la senne de plages.

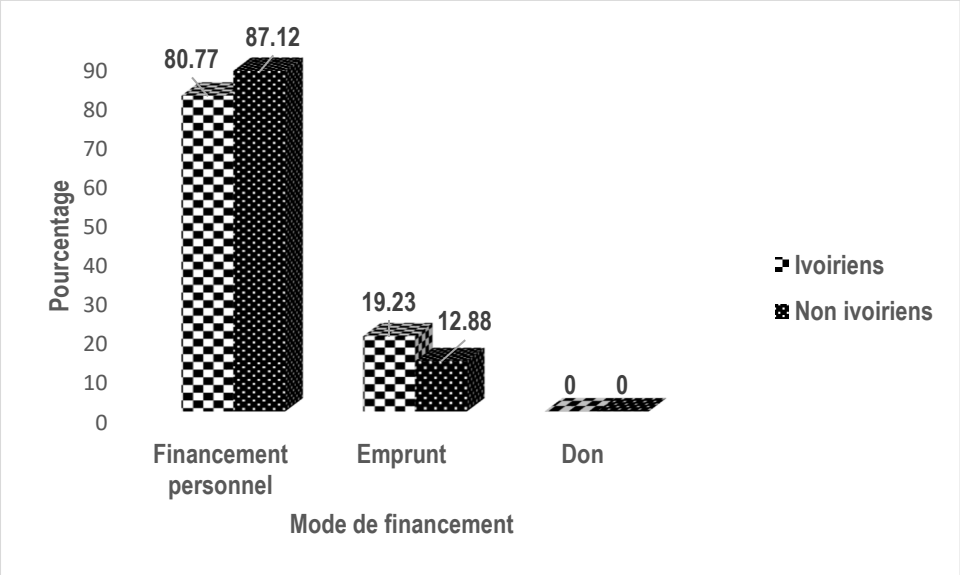


Fig. 6. Mode de financement de la pêche en fonction de la nationalité sur le lac de barrage de Buyo de juillet 2017 à juin 2018.

Les filets maillants (appelé localement *djô*) est de forme rectangulaire avec des mailles moyennes de 30 mm. Ils mesurent entre 50 et 100 m de long pour une chute de 1,5 à 3 m. Le filet est mouillé verticalement dans l'eau, tendu entre les flotteurs de la ralingue supérieure et les plombs de la ralingue inférieure. Posé à la tombée du jour, il est relevé le lendemain matin.

Les nasses sont des pièges en forme de cage ou de panier qui sert à capturer des poissons, des crustacés et des mollusques.

Trois sortes de nasses sont utilisées sur le lac de barrage de Buyo. Il s'agit :

- Des nasses en grillage métalliques, mesurant environ 1,5 m de long, 1 m de large et 30 cm de haut avec des mailles de 35 mm. Elles sont utilisées généralement en période des hautes eaux.
- Des nasses en filets de pêche sur armature en liane (ou papolos) qui mesurent 60 cm de hauteur et 50 cm de diamètre, avec des mailles de 25 à 40 mm. Elles sont utilisées toute l'année.
- Des nasses en bidon de 20 litres qui mesurent 30 cm de long pour 25 cm de large et 40 cm de haut. On observe une ouverture maillée (25 à 35 mm) dans la partie supérieure du bidon et une grande déchirure non maillée sur un des côtés. Ces nasses en bidon sont utilisées pour la capture des géniteurs des poissons du genre *Chrysichthys*. En effet, une femelle du genre *Chrysichthys* est placée à l'intérieur du bidon au moment de la pose. Les cris de la femelle attireraient les mâles du même genre qui se retrouvent piégés à l'intérieur du bidon. Les nasses sont utilisées massivement pendant la montée des eaux et généralement posées avec du son de maïs.

Les sennes de plage sont des engins collectifs manipulés par des équipes de 5 à 6 personnes. La pêche à la senne est une pratique qui a fait son apparition sur les lacs ivoiriens en 1988. Ces sennes n'ont pas de poche véritable et ont en général, une longueur de 200 m. Les mailles de la partie centrale sont de 35 mm, nœud à nœud. Elles sont généralement utilisées en période de basses eaux à la tombée du jour ou très tôt le matin.

L'épervier (appelé localement *fridjô*) est un engin de pêche actif de forme conique évasée muni de plombs sur la périphérie. Il est généralement utilisé en eau peu profonde. Les jets d'éperviers sont habituellement effectués, très tôt le matin et/ou à la tombée de la nuit, à partir du rivage ou d'une embarcation. Il capture les poissons en retombant et en se refermant sur eux.

La hauteur moyenne est de 5 m pour un diamètre variant entre 7 et 8 m avec des mailles comprises entre 20 et 60 mm.

Les palangres sont des engins dormants mouillés sur le fond ou entre deux eaux. Elle est constituée d'une ligne principale, d'avançons (ligne secondaire) et d'hameçons. Les avançons, parfois métalliques, sont des fils supportant les hameçons et rattachés au bas de la ligne par une boucle. La distance entre deux avançons dépend de l'espèce recherchée.

Les palangres utilisées dans la zone mesurent entre 15 et 50 m. Elles sont posées le soir et peuvent rester dans l'eau 3 à 4 jours. Les Grenouilles, certains poissons et même des savons sont utilisés comme appâts. Les palangres capturent préférentiellement les *Heterobranchus* et les *Clarias* mais prennent parfois des *Tilapia*, des Characidae et des Mormyridae.

Les pirogues utilisées par les pêcheurs du lac de barrage de Buyo sont de type planches clouées pouvant supporter 2 à 4 personnes. Selon les pêcheurs interrogés, la durée de résistance de ces embarcations est comprise entre 2 et 15 ans. Elle est fonction de la qualité du bois utilisé pour la confection et la fréquence d'utilisation.

4 DISCUSSION

Les enquêtes menées sur le lac de barrage de Buyo lors de la présente étude montrent que la pêche est dominée par des acteurs maliens représentés majoritairement par l'ethnie Bozo. Ces résultats corroborent avec ceux de [11], [19] et [10] qui ont montré la prédominance des maliens bozo dans le secteur de la pêche en Côte d'Ivoire. Cette forte proportion de bozo dans le domaine de la pêche en Côte d'Ivoire est due au fait que c'est un peuple traditionnellement pêcheur [19]; [20], toujours à la recherche de plans d'eau plus productifs. En effet, selon [10], la Côte d'Ivoire constitue une destination intéressante à plusieurs titres. D'abord sa proximité du Mali dont elle est frontalière, contribue à réduire les frais de voyage. Ensuite, elle bénéficie d'un réseau hydrographique important, d'un environnement naturel et biologique relativement favorable au développement de la pêche. Enfin, elle constitue un marché potentiel pour l'écoulement des produits halieutiques qui y sont prisés. De plus, dans l'exercice de leur métier, ils bénéficient d'une législation peu contraignante et peu suivie pour les pêcheurs non ivoiriens [19]. La faible proportion de pêcheurs autochtones est due au fait que les ivoiriens ne sont pas pêcheurs de tradition mais, pratiquent plus l'agriculture [21].

Les résultats des enquêtes ont montré également que la pêche est en majorité pratiquée par les adultes dont l'âge varie entre 30 et 45 ans aussi bien chez les ivoiriens que les non ivoiriens. Ces résultats sont identiques à ceux de [11] sur les lacs de barrage de Buyo et d'Ayamé I, de [10] sur le cours inférieur du fleuve Bandama et de [9] sur le lac d'Ayamé II. Pour ces auteurs, la faible participation des plus jeunes pourrait être inhérente à l'exode rural, au manque d'équipements et surtout à leur inexpérience dans ce métier. En effet, les enquêtes ont permis de noter que la majorité des pêcheurs interrogés éprouvent d'énormes difficultés pour s'approvisionner du matériel pour exercer correctement leur activité. Par ailleurs, il en ressort que la pêche exige un équipage d'hommes adultes, forts et expérimentés. Outre la maîtrise des techniques de capture, l'expérience leur permet de repérer des obstacles dangereux pour la navigation que représentent les troncs de bois mort et les végétaux flottants qui couvrent le lit du lac. Aussi, les observations faites sur le terrain ont permis de révéler que la capture de poissons est une affaire d'homme et que la pêche est une activité dangereuse qui se déroule dans un environnement pas toujours accueillant, où la survie des hommes dépend de la qualité de leur équipement, de leur compétence professionnelle et de leur courage.

Un faible taux de scolarisation est observé chez les pêcheurs ivoiriens comme chez les non ivoiriens du lac de barrage de Buyo. Les enquêtes ont révélé que les non ivoiriens s'adonnent au métier de la pêche à un très jeune âge parce qu'issue d'une famille pêcheur, les activités de pêche sont privilégiées au détriment de l'école. On observe un abandon précoce des études pour se consacrer à leur activité de prédilection car la pêche est une activité rémunératrice sans investissement préalable [10]. Les Ivoiriens, quant à eux, destinent leur progéniture aux études et à des fonctions qui en découlent car la pêche et par extension les autres activités informelles se présentent pour eux plutôt comme des palliatifs aux échecs scolaires.

La majorité des pêcheurs interrogés sont mariés. Ce qui leur est profitable car assistés par leur épouse dans l'exercice quotidienne de leur activité. Celles-ci, dans la plupart des cas, se chargent de la transformation des produits halieutiques et/ou de leur commercialisation.

La très grande présence de bozo dans le secteur de la pêche montre que la majorité d'entre eux l'exerce à plein temps et se classe dans la catégorie des professionnels. Par contre, les ivoiriens la pratiquent occasionnellement à temps partiel au profit des travaux champêtres et du transport. Selon [11], les ivoiriens sont plus des transporteurs, braconniers et agriculteurs qui pratiquent la pêche juste pour subvenir aux besoins alimentaires des ménages, disposer de ressources financières pour

résoudre des problèmes ponctuels et payer la main d'œuvre pour l'entretien de leurs champs. Pour [10], certains ivoiriens considèrent que contrairement aux plans d'eau qui sont des biens communautaires, les plantations et les titres fonciers sont des biens familiaux qui peuvent être légués en héritage aux futures générations.

Concernant les engins de pêche et en accord avec [11], les filets maillants sont utilisés quotidiennement et sur toute l'année. Ils constituent de ce fait, les engins dont l'usage est le plus fréquent sur ce plan d'eau. Cet engin est utilisé par toutes les nationalités. Quant aux techniques de pêche utilisées, il est du même type que celles décrites par [11], [22] et [17]. Les pêcheurs bénéficient rarement de crédits comme mentionné par [10] sur le cours inférieur du fleuve Bandama. Ce constat s'explique par l'absence de coopératives dans la zone d'étude car [11] et [23], affirment que l'octroi de crédits est assuré par ces structures.

Nos enquêtes ont révélé que d'une manière générale, les mailles de certains filets, de nasse et des éperviers sont en dessous des normes indiquées par la réglementation des pêches (supérieure ou égale à 45 mm pour les nasses et à 35 mm pour les filets maillants). Un tel résultat a été obtenu par [10] sur le fleuve Bandama et [9] sur le lac d'Ayamé II. Selon [24], cette réduction des mailles serait une adaptation des pêcheurs à la raréfaction de la ressource aquatique recherchée.

5 CONCLUSION

L'activité de pêche sur le lac de barrage de Buyo est pratiquée par les ivoiriens et les non ivoiriens. Elle est majoritairement dominée par les bozos du Mali qui sont des pêcheurs professionnels adultes et analphabètes pour la plupart. Chez les ivoiriens, dominés par le groupe ethnique gnamboi, la pêche est une activité secondaire et la quasi-totalité des acteurs sont mariés. L'engin de pêche le plus utilisé est le filet maillant. Plusieurs de ces engins sont confectionnés avec des filets dont les mailles ne sont pas réglementaires. Aucun financement par crédit n'est accordé aux acteurs de pêche du fait de l'inexistence de coopératives. Pour une gestion durable des ressources halieutiques, les autorités compétentes doivent sensibiliser les acteurs de la pêche et renforcer les textes règlementaires relatifs à l'utilisation des engins de pêche et à leur application effective.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient sincèrement la Direction de l'Aquaculture et des Pêches (DAP), le Programme d'Appui à la Gestion Durable des Ressources Halieutiques (PAGDRH) et l'Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB) qui ont soutenu financièrement ce travail. Nous remercions également Mr Kouassi Henry Delmas, les Lieutenants Kamagaté Beman et N'Guessan Kouadio Gontran (respectivement chef de poste de pêche de Buyo et Guessabo) et les enquêteurs qui ont aidé à la collecte des données sur le terrain.

REFERENCES

[1] FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome, 2016.

[2] P. Fabio, O. Njifonjou, J. Assienan, A. Kodjo, Y. Ndia, N. Salvati et C. Seghieri, Profil de pauvreté des communautés riveraines du lac de Kossou en Côte d'Ivoire. Cotonou, Programme pour des Moyens d'Existence Durables dans la Pêche en Afrique de l'Ouest, PMEDP/RT/17, 2002.

[3] M. Ouattara, G. Gourène et A.F. Vanga, "Propositions de fermeture saisonnière de la pêche en vue d'une exploitation durable du poisson au lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)," *Tropicultura*, vol. 24, no. 1, pp. 7-13, 2006.

[4] K. S. Da Costa, K. Traoré et W. Yte, "Potential species for fishery enhancement in Lake Faé, Côte d'Ivoire," *Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries*, pp. 344-352, 2002.

[5] G.G. Golé Bi, K.J.D. Koffi et S.G. Dadi, Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. FAO/DFID/PMEDP, Projet Pilote Pêche, Kossou. GCP/INT/735/UK, Rapport Expertise, 2005.

[6] K.S. Da Costa et Y.M. Dietoa, "Typologie de la pêche sur le lac Faé (Côte d'Ivoire) et implication pour une gestion rationnelle des ressources halieutiques," *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, no. 384, pp. 1-14, 2007.

[7] DPH, Annuaire des Statistiques de Pêches. Direction des Pêches halieutiques, Abidjan, 2005.

[8] K.B. Kien, A.F. Vanga, B.R.D. Aboua et E.P. Kouamélan, "Actors, distribution circuits and marketing of fish on Bandama River (Côte d'Ivoire)," *African Journal of Marketing Management*, vol. 9, no. 2, pp. 8-17, 2017.

[9] K.G. Blahoua, Y.E. Adou, K.A. Kouamé et V. N'Douba, "Typologie de la pêche sur le lac de barrage d'Ayame 2 (Côte d'Ivoire, Afrique de l'0uest)," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 36, no. 2, pp. 178-185, 2018.

[10] K.B. Kien, S.S. Yao, A.F. Vanga et E.P. Kouamélan, "Typologie de la Pêche sur le cours inferieur du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest*)," International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 13, no. 1, pp. 67-77, 2015.

[11] A.F. Vanga. Conséquences socioéconomiques de la gestion des ressources naturelles : cas des pêcheries dans les lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 2001.
[12] A.F. Vanga, G. Gourène et M. Ouattara, "Impact de la pêche sur la disponibilité en poissons dans les régions des lacs d'Ayamé et Buyo (Côte d'Ivoire)," *Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanologiques Abidjan*, vol. 17, no. 2, pp. 1-12, 2002.
[13] A.F. Vanga, "Conséquences socioéconomiques de l'expulsion des pêcheurs étrangers en Côte d'Ivoire : lacs d'Ayamé et de Buyo," *Revue Européenne des Migrations Internationales*, vol. 20, no. 1, pp. 197-205, 2004.
[14] OIPR, Plan d´aménagement et de gestion du Parc National de Taï, 2006.
[15] B.Y. Ossey, V. Mambo, S.T. Abiba, P.V. Houénou, "Etude Analytique des Caractéristiques Chimiques d'un Lac Eutrophe en Milieu Tropical : La Conductivité comme Indicateur de Trophie du Lac de Buyo (Côte d'Ivoire)," *Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie*, Vol. 25, no. 1, pp. 87-108, 2008
[16] K.A. Kouamé, Diversité biologique et habitudes alimentaires de quelques espèces de poissons dans le cours inférieur du bassin du fleuve Sassandra (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 2010.
[17] L. Tah, S.K. Da Costa, N.J. Kouassi et J. Moreau, "Effort de pêche et production piscicole au lac d'Ayamé I (Bassin de la Bia ; Côte d'Ivoire) après le départ des pêcheurs «Bozos»," *Agronomie Africaine*, vol. 21, no.1, pp. 101-115, 2009.
[18] G.F.D.H. Boguhé, G. Gooré-Bi, K.G. N'Zi, S.S. Yao, E.P. Kouamélan et N.J. Kouassi, "Premières données sur la pêche crevettière du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) : Acteurs et Engins de pêche," *Sciences & Nature,* vol. 8, no.1, pp. 107-118, 2011.
[19] A.T. Bédia, K.G. N'Zi, S.S. Yao, E.P. Kouamélan, V. N'Douba et N.J. Kouassi, "Typologie de la pêche en lagune Aghien-Potou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) : acteurs et engins de pêche," *Agronomie Africaine*, vol. 21, no. 2, pp. 197-204, 2009.
[20] E. Den Otter, Peuple de l'eau, les Bozos du Mali, L'Académie des banlieues, Paris, 2013.
[21] A.F. Vanga, "Evolution de la pêche au lac d'Ayamé depuis l'expulsion des pêcheurs non nationaux (Côte d'Ivoire),"*Tropicultura*, vol. 29, no. 1, pp. 8-13, 2011.
[22] K.S. Da Costa et K.F. Konan, Lac Kossou : Potentiel halieutique et modalité d'un développement durable de la pêche, FAO/PMEDP, Projet Pilote Pêche Kossou GCP/INT/735/UK, Rapport d'Expertise, 2005.
[23] D.A Koudou, La pêche sur le lac de Taabo, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2012.
[24] J.J. Albaret et R. Laë, "Impact of fishing on fish assemblages in tropical lagoons: the example of the Ebrie lagoon, West Africa," *Aquatic Living Resources*, Vol. 16, no. 1, pp. 1-9, 2003.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1230-1239
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Thermo-mechanical characterization of building component with crushed millet stalk fiber

Mame Mor Diarra NDIAYE, Pape Moussa TOURÉ, Younouss DIEYE, and Prince Momar GUEYE

Laboratoire d'Energétique Appliquée (LEA), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop (UCAD), BP 5085 Dakar-Fann, Dakar, Senegal

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper is a contribution to the valuation of the millet stalk fiber as insulation material in building. To do this, the millet stem is crushed in two sizes and each size obtained is mixed with different Arabic gum content, which acts as a binder. Arabic gum is an effusion of sap from a trunk of acacias from Senegal. This material is still unusable largely because a big quantity is thrown in the nature. The influence of millet stem size and Arabic gum content on mechanical and thermal properties was evaluated. As for the resistance in flexion, we found a null value for all the samples. The compression resistance of samples varies from 0.8 to 1.5 MPa with a percentage of the binder evolving from 3 to 11.27 %. These values of the mechanical resistance are in strong proportionality with the binder dosages. The thermal conductivity varies from 0.113 to 0.914 W. m-1. K-1 with an effusivity going from 228 to 183 J.m-2. °C-1.s-1/2. The results showed that the conductivity and the effusivity increase with the content by linking of the material.

KEYWORDS: thermal conductivity, thermal effusivity, millet stalk fiber, gum Arabic, fiber.

1 INTRODUCTION

The environmental impact of the conventional building materials (cement, brick, and aluminum, wood and steel) is important. The production of these materials consumes a lot of thermal and electric energy and partially pollutes the air, the water and the earth [1]. With the increase of the demand for housing, this production is exponential [2]. In Senegal the construction industry consumes 54.7 % of energy, according to the energy information system of the country. They also favor a strong energy consumption in the exploitation phase of the building. According to the database of the project of thermal insulation materials production with Typha in Senegal, in western Africa, 25 to 30 % of produced electricity is consumed by buildings. The environmental low-cost alternative development of building materials stands out as a priority problem. Consequently, several solutions were implemented. Among these, we can note the development and the use of natural and local materials, including the use of plant fibers in construction. These vegetable fibers are widely available, low-cost and their use under construction creates new outlets for the agricultural materials. Younouss Diéye and al [3] showed that Typha australis fiber is a good candidate for the development of insulation materials. Therefore, a good natural material of insulation becomes the key of the game in the design and the construction of energy-efficient buildings using materials with environmental low impact. In this context, several researchers used various types of vegetable fibers (hemp, straw, linen, bamboo, hairs of animals, cork, typha etc.) mixed with other compounds (cement, clay, sand, gypsum, mortar, concrete, etc.) to make composite materials [4-5].

N. Benmansour [6] determined the mechanical and thermal properties of a new material composed of cement, sand and of palm tree fibers. The results reveal that the incorporation of palm tree fibers reduces the thermal conductivity and the compression resistance of the composite while reducing the weight. H. Ball and al [7] studied the thermal properties of the laterite bricks with additives of millet waste. They found a dependence of the thermal properties of the water amount of the material. P Meukam [8] and al studied the effect of the sawdust addition on the thermal properties of laterite brick stabilized with cement. They showed that sawdust addition increases the thermal performances of the laterite brick stabilized with

cement. F. Collet [9] made a comparative study of hygric behavior of three hemp concrete. The results underline a high humidity transfer and storage capacity of these three materials. The mechanical properties and the hygroscopic behavior of compressed earth brick stabilized with cement with additives of palm-tree fibers was made by B. Taallah and al [10]. The best compression resistance was obtained with the brick stabilized at 8 % of cement with 0, 05 % of palm tree fiber additives. The increase of the content in cement and a decrease of the content in fiber creates a decrease of water absorption. Millogo [11] made the experimental analysis of the mechanical properties of compressed adobe block strengthened with fibers of hibiscus cannabinus. The authors show a mechanical improvement of the adobe block properties by fibers. The use of lime and rice husk to stabilize the mud or compressed brick was studied by In. SETYO and al [12]. The results show that the compression and flexion resistance of clay brick are improved by the addition of lime and rice husk ash. The best quantity of lime and of rice husk ash in this study is obtained for an equivalent percentage of lime and rice husk ash. Rafael and al [13] studied the effect of the addition of sugar cane bagasse and some lime on mechanical properties of the compacted blocks of earth. They found that additives of fibers increase slightly the resistance to the compressed block. M.T DIATTA and al determined the thermo-physical and mechanical properties of Typha concrete [14]. They show that the thermal insulation of concrete is improved by typhas fiber additives. Luiz C. Roma Jr and al [15] evaluated the thermal performance of cement tile reinforced with eucalyptus fibers. The thermal performances found for the authors are acceptable. J. Lima and P. Faria [16] estimated the influence of the addition of two natural fibers: the straw and the typha on the physical and mechanical properties of the earth. The mechanical and thermal characteristics found show that the addition of these fibers contributes to the linear decrease of the withdrawal of drying and the thermal conductivity. Luamkanchanaphan and al [17] studied the physical, mechanical and thermal properties of the insulating panels prepared from narrow-leave cataille fibers by using Diisocyanate of diphenyl methyl alcohol (MDI) as binder. According to their results, they conclude that the insulating panels prepared from narrow-leave cataille fibers are an excellent insulation material of, energy-efficient and environment-friendly.

Our work is centered in this perspective with the use of millet stalk fibers as building materials. Millet is the most cultivated cereal in Senegal. It is grown everywhere in the country and accordingly occupies a dominating place of rain-fed agriculture within the country [18]. It represents more than 60 % of the sown-cereal surfaces, with a national production of at least 1 000 000 tons / year. Its exploitation creates important sources of gain for farmers, but part of the plant in particular its stalk is thrown in nature. The latter constitutes an agricultural waste in abundance in all over the country, in particular in the agro-pastoral rural areas. Its wide availability makes of it a product used in the past in rural areas for house construction by junction of stalks in the form of fences. Important-unused quantities of millet stalk are scattered in fields and burned before of the rainy season to be eliminated. Then its use as construction material is a softening of the penalties undergone by farmers to get rid of it and a solution to avoid their incineration which has an impact on the environment.

The aims of this paper is to determine the mechanical and thermal properties of a millet stem fibre-based material for use as insulation material in the building. The mechanical and thermal properties determined are the resistance in compression and in flexion, the thermal conductivity and the thermal effusivity. The originality of this work compared to the work cited above is the use of millet stalk fiber as an insulating material with as gum arabic binder. To do this, the millet stem is cut in two sizes. Each size is dosed with different levels of gum arabic. This allows to know the effect of the size of the millet stalk fibers and the gum arabic content on the mechanical and thermal properties of this composite material.

2 EXPERIMENTATION

2.1 MATERIALS

2.1.1 BINDER

The binder is constituted by mixture of gum Arabic with some water. The used Arabic gum is an effusion of sap running from a trunk of acacia trees of Senegal. A quantity of Arabic gum in powder is dissolved totally in some water. The quantities of Arabic gum powder used are 250g, 200g, 100g and 60g. Every quantity of powder is dissolved in 1,5l of water. The various obtained concentrations are respectively noted A, B, C and D. A mixer allowed to stabilize the dosage. On every obtained concentration, a volume is taken to serve as a binder in the sample manufacturing.

2.1.2 FIBER

Fibers are used as a matrix. They are obtained after extraction of millet. These stalks are dried in natural conditions. Two different fiber-sizes are used and are represented on figure 1. The sieve analysis (Fig.2) is made for two samples (G1 and G2) to determine the various diameters and the length of fibers. The grading analysis established according to the standard X11-

501 AFNOR is represented in figure1. The curve shows a distribution of the size of fine fibers, with an average diameter of 0, 3 mm, noted (G1), a distribution of the size of fibers, with an average diameter of 0, 7 mm, noted (G2).

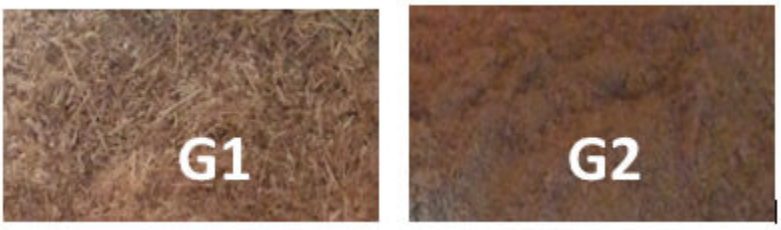


Fig. 1. Millet Stalk crushed for various sizes

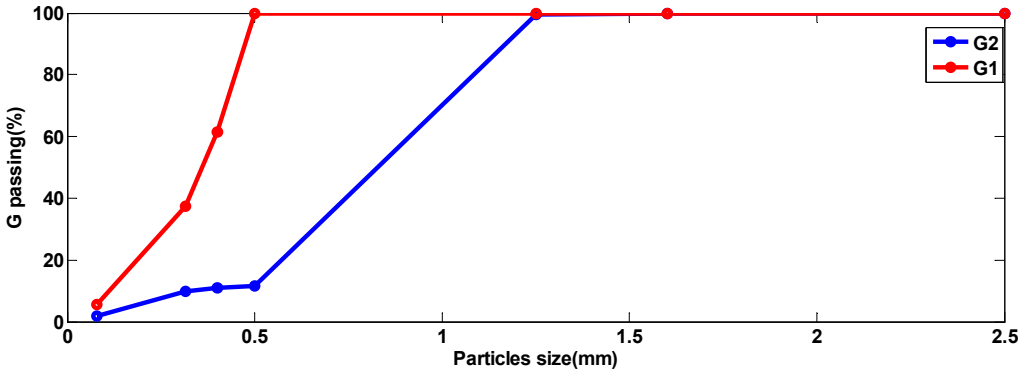


Fig. 2. Grading curve of millet fiber

2.1.3 PREPARATION OF SAMPLES

Samples were built by a mixture of the fiber of crushed stalk of millet and the Arabic gum solution. The weight composition of the various samples is given in table1. For the mechanical tests, a mold of 4×4×16 cm^3 was used for the preparation of samples and for the thermal tests a mold of 10×10×2.5 cm^3. After compacting the material stemming from the mixture in molds, the various samples were dried in an oven with a constant temperature of 90 degrees during 72 hours. Figures 3 and 4 respectively show samples for the thermal tests and those intended for the mechanical tests. The density and the porosity of the material are represented in table 2. The porosity was obtained by using the following equation:

$$P = \frac{M_{sat} - M_{\sec}}{\rho_{eau} V_0} \qquad (1)$$

Msec is the mass of the dried sample, it was measured after drying at 105°C in a ventilated study.

Msat is the mass of the water-saturated sample, it was measured after saturation.

V0 is the apparent volume of the sample, it is calculated by measuring the dimensions of the sample.

ρeau is the density of water.



Fig. 3. Sample Picture for thermal test



Fig. 4. Sample Picture for mechanical test

Table 1. Masses of the various components

Mixtures	Pourcentage gum Arabic	Percentage of Fiber	Percentage of Water
G1A	10.47%	40.68%	50.85%
G1B	8.26%	29.76%	61.98%
G1C	4.95%	20.77%	74.28%
G1D	2.97%	22.67%	74.36%
G2A	11.27%	21.14%	67.60%
G2B	9.25%	21.35%	69.40%
G2C	4.83%	22.66%	72.51
G2D	3.18%	21.18%	75.64%

Table 2. Density and porosity of samples

Mixtures	Density (kg/m^3)	Porosity(%)
G1A	414.8	66.3
G1B	350	74.3
G1C	342.3	76
G1D	335.7	81.6
G2A	375.9	82
G2B	322.4	86.8
G2C	310.6	89
G2D	288.7	93.4

2.2 MECHANICAL CHARACTERIZATION

The compression resistance and in flexion is determined by using type E0160 mechanical press having a maximal strength of 250 kN. The speed of the applied strength is of 2 kN / dry. The test is made with three samples for every mixture. The resistance test in the compression consists in placing a sample of prismatic shape in the press as represented on figure 5. For the measure of the resistance in flexion, the sample is arranged as shown on figure 6. The principle consists in applying a pressure to the standard sample and in measuring its tension in the breaking point. The maximal constraint which the sample can support before the break is the traction resistance or the compression resistance. It is defined by:

$$\sigma = \frac{F}{S} \qquad (2)$$

S is the section of the sample in mm^2, F is the applied strength (N) and is the constraint in MPa

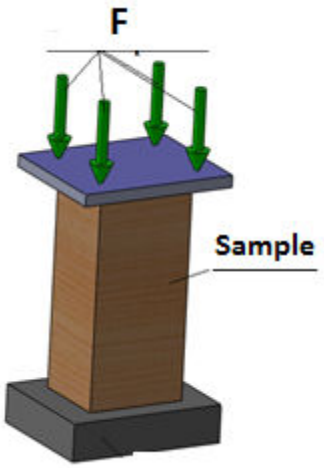


Fig. 5. Compression test

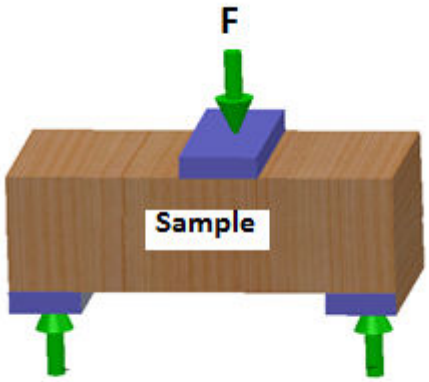


Fig. 6. Test of resistance in flexion

2.3 THERMAL CHARACTERIZATION

The method of the asymmetric hot plan is used to measure the conductivity and the thermal effusivity. The plan of the experimental device of this method is on figure 7. The asymmetric experimental device is described in detail by Younouss and al [3]. A constant flow of heat is sent through the heating element and of recorded the variation of the temperature in the center of this same heating element. The modelling of this system by using the method of the quadripoles and the Laplace transform allows to obtain the variation of the theoretical temperature in the center of the heating element. This theoretical temperature depends on looked thermal properties. In the modelling, we consider that the heat transfer in the center of the heating element is unidirectional and the temperature at the level of the block of aluminum is constant. The principle of the method consists in identifying the value of E and λ allowing the overlap of the experimental and theoretical curve. The equations of the model are the following ones:

$$\begin{bmatrix}\theta_s\\ \Phi_{01}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ C_sS_p & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & R_c\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}M & N\\ O & P\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\ \Phi_1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}M_1 & N_1\\ O_1 & P_1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\ \Phi_1\end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix}\theta_s\\ \Phi_{02}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}M_i & N_i\\ O_i & P_i\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\ \Phi_2\end{bmatrix} \quad (4)$$

Avec:

$$M=P=\cosh\left(\frac{E}{\lambda}\sqrt{pe}\right);\ N=\frac{\sinh\left(\frac{E}{\lambda}\sqrt{pe}\right)}{ES\sqrt{p}};O=ES\sqrt{p}\sinh\left(\frac{E}{\lambda}\sqrt{pe}\right) \quad (5)$$

$$M_i=P_i=\cosh\left(\frac{E_i}{\lambda_i}\sqrt{p}e_i\right);\ N_i=\frac{\sinh\left(\frac{E_i}{\lambda_i}\sqrt{p}e_i\right)}{E_i^S\sqrt{p}}; \quad (6)$$

$$O_i=E_i^S\sqrt{p}\sinh\left(\frac{E_i}{\lambda_i}\sqrt{p}e_i\right) \quad (7)$$

λ Is the thermal conductivity of the sample; E the thermal effusivity of the sample is; e the thickness of the sample is; λi I the thermal conductivity of the polystyrene; Ei the effusivité of the polystyrene; ei the thickness of the polystyrene; θs Laplace Transform of temperature Ts (t); Cs is thermal capacity of the element warming by area unit; Rc the thermal resistance of contact between the heating element and the sample; Φ1 Laplace Transform of the heat flow crossing the block of upper aluminum; Φ2 Laplace transform of the heat flow crossing the block of lower aluminum; Φ01 Laplace transform of heat flow density of in the heating element (Upstream); Φ02 Laplace transform of the heat flow density in the warming element (downstream).

After the development of matrix products (2 and 3), the following expressions were obtained:

$$\Phi_{01} = \theta_s \frac{P_1}{N_1} \quad (8)$$

$$\Phi_{02} = \theta_s \frac{P_i}{N_i} \quad (9)$$

The heat flow is :

$$\Phi_0 = \Phi_{01} + \Phi_{02} \quad (10)$$

$$\Phi_0 = \theta_s \left(\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_i}{N_i} \right) \quad (11)$$

And we deduce the value of θ_s by the relation:

$$\theta_s = \Phi_0 \frac{1}{\left[\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_i}{N_i} \right]} \quad (12)$$

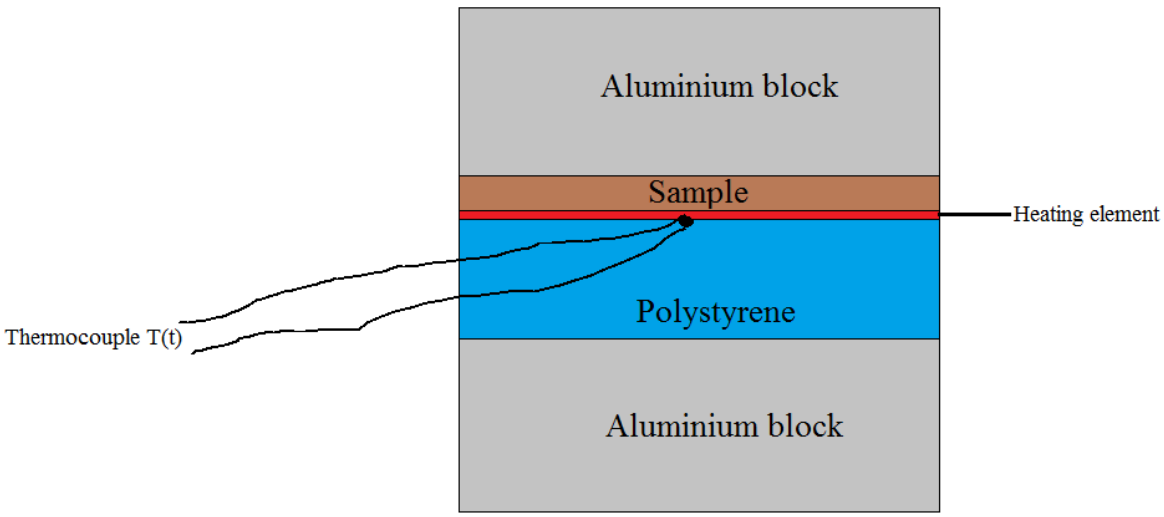


Fig. 7. Scheme of the hot plate asymmetric device [3]

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 MECHANICAL RESULTS

The mechanical test consists in determining the resistance in flexion and the resistance in compression. As for the resistance in flexion, we found a null value for all the samples. Which shows the flexibility of millet stalk fibers. The variation of the resistance in compression according to the percentage of the binder is represented on figure 8 and 9. We observe an increase of the resistance in compression according to the percentage of gum Arabic. The increase of the percentage of gum Arabic, generates a decrease of the porosity of the sample as shown in tableau2. The porosity is the main factor of decrease of the resistance in compression. This resistance varies from 0.61 to 1.496 MPa for the samples of G1 grain size and from 0.451 to 1.37 MPa for the samples of G2 grain size. The increase size of fibers causes a decrease of compressive strength of the samples. Indeed, the increase size of fibers increases the porosity of samples.

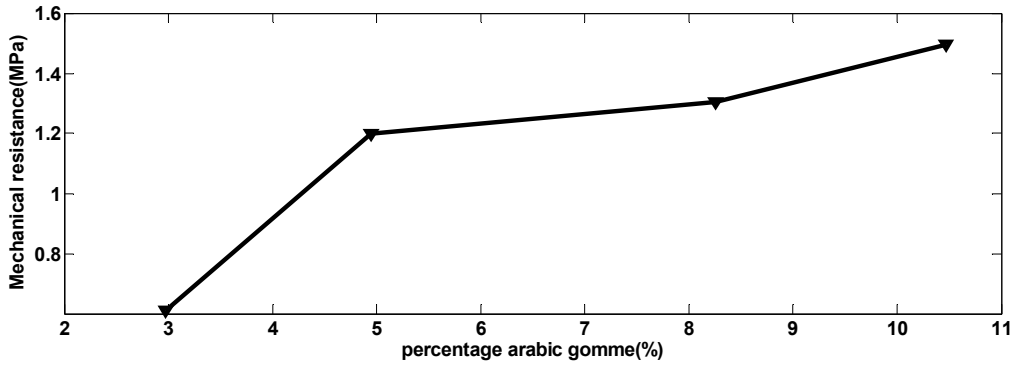


Fig. 8. Variation of the mechanical resistance according to the percentage of gum arabic for G1

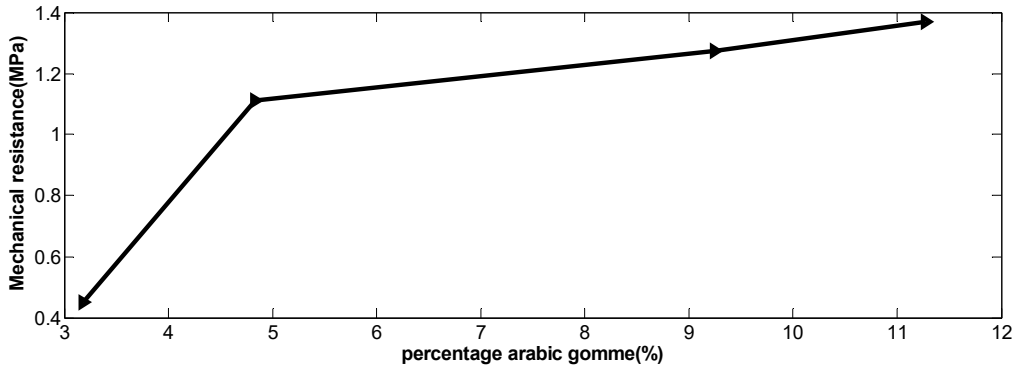


Fig. 9. Variation of the mechanical resistance according to the percentage of arabic gum for G2

3.2 THERMAL RESULTS

The thermal results are represented in the picture table 3 and 4 with the porosity. We notice that the thermal properties decrease with the decrease of the Arabic gum percentage. The dissolution of an Arabic gum mass of in the water served of binder. The decrease of the percentage of dissolved gum Arabic creates an increase of the quantity of water in the mixture Samples are dried in an oven in 90°C for 72 hours. Which generates the evaporation of a good quantity of water, leaving pores in the sample. The more the quantity of water used in the manufacturing of samples is big, the more the dry porosity of material increases. It is what explains the increase of the porosity with the decrease of the percentage of Arabic gum, which is the main factor of the decrease of thermal properties. When we rise the size of fibers, we stress the increase of the porosity of the sample. The thermal properties obtained with the samples of size grading G2 are lower than the properties thermal samples of size grading G1.

Table 3. Thermal Results of G1samples with porosity

Samples	Porosity (%)	Thermal Conductivity ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	Thermal Effusivity ($J.m^{-2}.°C^{-1}.s^{-1/2}$)
G1A	66.3	0.132	228
G1B	74.3	0.124	206
G1C	76	0.109	193
G1D	81.6	0.098	183

Table 4. Thermal Results of G2 samples with porosity

Samples	Porosity (%)	Thermal Conductivity ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	Thermal Effusivity ($J.m^{-2}.°C^{-1}.s^{-1/2}$)
G2A	82	0.119	200
G2B	86.8	0.108	178
G2C	89	0.097	180
G2D	93.4	0.091	168

4 CONCLUSION

This work concerned the mechanical and thermal characterization of a material with millet stalk with a prospect of the used as a material of construction. The dissolution of the powder of Arabic gum in some water served as a binder. The Arabic gum is an effusion of sap from a trunk of locust trees of Senegal. The main obtained results are:

- From the mechanical perspective, the values of the resistances in flexion and compression of samples are low. Which shows that this material cannot be used as a structure material. It can be combined with an element of structure.
- From the thermal point of view, a low value of conductivity was found which shows that this material is a good candidate for the manufacturing of effective insulation panels practical in diverse applications in industrial environment and in building.

These results constitute an opportunity of industrial operation of this material which is still unusable because a big quantity is thrown in the nature. Its valuation will allow to relieve the penalties of countries which even have difficulty in getting rid of it by burning them on the eve of the rainy season, which harms the environment.

REFERENCES

[1] Mangesh V. Madurwar, Rahul V. Ralegaonkar, Sachin A. Mandavgane, Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review, Construction and Building Materials, 38, P872–878, 2013.

[2] Raut SP, Ralegaonkar RV, Mandavgane SA. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: a review of waste-create bricks. Constr Build Mater, 25, P4037–42, 2011.

[3] Younouss Dieye, Vincent Sambou, Mactar Faye, Ababacar Thiam, Mamadou Adj, Dorothe Azilinon, Thermo-mechanical characterization of a building material based on Typha Australis, Journal of Building Engineering, 9, P142–146, 2017.

[4] A. Bouguerra, A. Ledhem, F. de Barquin, R.M. Dheilly, A.M. Quéneudec, Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight con-crete prepared from clay, cement, and wood aggregates, Cement and ConcreteResearch, 28, P1179–1190, 1998.

[5] H. Savastano Jr., P.G. Warden, R.S.P. Coutts, Potential of alternative fibrecements as building materials for developing areas, Cement and Concrete Com-posites, 25, P585–592, 2003.

[6] Nadia Benmansour, Boudjemaa Agoudjil, Abdelkader Gherabli, Abdelhak Kareche, Aberrahim Boudenne, Thermal and mechanical performance of natural mortar reinforcedwith date palm fibers for use as insulating materials in building, Energy and Buildings, 81, P98–104, 2014.

[7] H. Bal, Y. Jannot, N. Quenette, A. Chenu, S. Gaye, Water content dependence of the porosity, density and thermal capacity of laterite based bricks with millet waste additive, Constr. Build. Mater, 31, 144–150, 2012.

[8] P. Meukam, Y. Jannot, A. Noumowe, T.C. Kokane, Thermo physical characteristics of economical building materials, Constr. Build. Mater, 18, P437–443, 2004.

[9] Florence Collet, Julien Chamoin, Sylvie Pretot, Christophe Lanos, Comparison of the hygric behaviour of three hemp concretes, Energy and Buildings, 62, P294–303, 2013.

[10] B. Taallah, A. Guettala, S. Guettala, A. Kriker, Mechanical properties and hygroscopicity behavior of compressed earth block filled by date palm fibers, Constr. Build. Mater, 56, P161–168, 2014.
[11] Y. Millogo, J.C. Morel, J.E. Aubert, K. Ghavami, Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers, Constr. Build. Mater, 52, P71–78, 2014.
[12] Agus Setyo Muntohar, Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick, Construction and Building Materials, 25, P4215–4220, 2011.
[13] Rafael Alavez-Ramirez, Pedro Montes-Garcia, Jacobo Martinez-Reyes, Delia Cristina Altamirano-Juarez, Yadira Gochi-Ponce, The use of sugarcane bagasse ash and lime to improve the durability and mechanical properties of compacted soil blocks, Construction and Building Materials, 34, P296–305, 2012.
[14] M. Diatta, S. Gaye, A. Thiam, D. Azilinon, Détermination des propriétés thermophysique et mécanique du typha australis, Cong. SFT, Perpignan (France), 2011.
[15] Luiz C. Roma Jr., Luciane S. Martello, Holmer Savastano Jr, Evaluation of mechanical, physical and thermal performance of cement-based tiles reinforced with vegetable fibers, Construction and Building Materials, 22, P668–674,2008.
[16] José Lima1, Paulina Faria, eco-efficient earthen plasters. The influence of the addition of natural fibers, 2nd international conference on natural fibers, P27-29, 2015.
[17] T. Luamkanchanaphan, S. Chotikaprakhan, S. Jarusombati, A study of physical, mechanical and thermal properties for thermal insulation from Narrow-leaved Cattail fibers, APCBEE Proced, 1, P46–52, 2012.
[18] M. Malick DIAKHATE : Caractéristiques de la chaine de valeur du mil dans la région de Kaolack : détermination des couts de production, Mars, École Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), 2013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1240-1246
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

INTERRELATION ENTRE LES FACTEURS SOCIO-DEMOGRAPHIQUES ET LES PARAMETRES SERIQUES AU COURS DE LA GROSSESSE CHEZ DES FEMMES ENCEINTES (CHU COCODY-COTE D'IVOIRE)

Essé Sonia-Estelle[1], Kouamé Konan Joël[1], NGuessan Anon Franck-Donald[2], and Amoikon Kouakou Ernest[1]

[1]Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR Biosciences, Université Felix Houphouet-Boigny, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Programme National de Nutrition (PNN), Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this work is to evaluate the evolution of serum metabolites and their impact during pregnancy. The methodology is based on the determination of a few serum markers in 131 women, each trimester of pregnancy. The results show that in the 2nd trimester of pregnancy, the proportion of women who have a high C-reactive protein level is higher (13.74%). The rate of women with hyperglycemia increased from 2.29% in the 1st trimester, to 6.87% in the 3rd gestational trimester. Hypercholesterolemia was observed in 4.58% of women during the first 3 months of pregnancy, 21.37% in the second trimester and 23.66% in the last gestational trimester. 8.40% of pregnant women had a triglyceride level above normal, this percentage rose to 24.43% in the 2nd quarter and reached 25.19% in the 3rd quarter. This study also showed a significant correlation between triglyceridemia in the 3rd trimester, and maternal age (p = 0.04), and between HDL-cholesterol and women's nationality. The level of education and type of latrine used by these women would be factors influencing total and LDL cholesterol levels in the 1st and 3rd gestational trimesters, respectively. Cross-analysis between C-reactive protein level and latrine type revealed an inter-relationship from the second trimester of pregnancy. In conclusion, with the exception of serum creatinine, blood glucose, cholesterol and triglyceride levels increase as pregnancy progresses among women in this study. These are therefore parameters to be controlled during the gestational period.

KEYWORDS: CHU Cocody-Abidjan, socio-demographic factors, pregnant women, biochemical parameters

RESUME: Le but de ce travail est d'évaluer l'évolution des métabolites sériques et leur impact au cours de la grossesse. La méthodologie est basée sur le dosage de quelques marqueurs sériques chez 131 femmes, à chaque trimestre de la grossesse. Les résultats montrent qu'au 2ème trimestre de la grossesse, la proportion de femmes qui ont un taux de protéine C-réactive élevé est plus forte (13,74 %). Le taux de femmes ayant une hyperglycémie évolue de 2,29 % au 1er trimestre, à 6,87 % au 3ème trimestre gestationnel. Une hypercholestérolémie a été observée chez 4,58 % de femmes au cours des 3 premiers mois de la grossesse, 21,37 % au second trimestre et 23,66 % au dernier trimestre gestationnel. 8,40 % des femmes gestantes avaient un taux de triglycérides au-dessus de la normale, ce pourcentage s'élève à 24,43 % au 2ème trimestre et atteint 25,19 % au 3ème trimestre. Cette étude a aussi montré une interrelation significative entre la triglycéridémie au 3ème trimestre, et l'âge de la mère (p=0,04), et entre le taux de cholestérol-HDL et la nationalité des femmes. Le niveau d'instruction et le type de latrines utilisées par ces femmes seraient des facteurs influençant le taux de cholestérol total et LDL respectivement au 1er et 3ème trimestre gestationnel. L'analyse croisée entre le taux de protéine C-réactive et le type de latrines a révélé une interrelation à partir du second trimestre de la grossesse. En conclusion, à l'exception de la créatininémie, la glycémie, la cholestérolémie et la triglycéridémie augmentent au fur et à mesure que la grossesse évolue chez les femmes de cette enquête. Ce sont donc des paramètres à contrôler pendant la période gestationnelle.

MOTS-CLEFS: CHU Cocody-Abidjan, facteurs socio-démographiques, femmes gestantes, paramètres biochimiques

Corresponding Author: Essé Sonia-Estelle

1 INTRODUCTION

La grossesse est une situation physiologique temporaire, une adaptation de l'organisme maternel en vue du développement optimal du fœtus et de l'allaitement au sein, d'où une spécificité des besoins nutritionnels pendant la grossesse [1]. Pendant la période gestationnelle, la femme devient vulnérable et son organisme subit une série de modifications métaboliques responsables de la préservation des besoins énergétiques de la mère et du fœtus. La grossesse est caractérisée par une hyperlipidémie physiologique prononcée [2], [3], [4] et d'une résistance graduelle à l'insuline débutant à la mi-grossesse jusqu'au 3ème trimestre. Cette résistance à l'insuline semble être le résultat de la combinaison de l'accroissement de l'adiposité maternelle et des effets des hormones produites par le placenta qui désensibilisent l'organisme maternel à l'insuline [5], [6]. La femme enceinte présente très souvent un syndrome métabolique qui se définit par un ensemble sévère de facteurs de risque cardiovasculaires tels que le diabète de type II (hyperglycémie), l'hypertension artérielle, l'hypertriglycéridémie, l'hypercholestérolémie, l'hyperLDL-cholestérolémie et l'hypoHDL-cholestérolémie [7]. L'objectif de ce travail est de déterminer l'influence de la grossesse sur les taux sériques de certains métabolites tels que la protéine C-réactive, le glucose, la créatinine, le cholestérol (total, HDL et LDL) et les triglycérides.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SUJETS ET CADRE D'ÉTUDE

L'étude porte sur une cohorte de 131 femmes enceintes venues en consultation prénatales au centre hospitalier universitaire (CHU) de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire). En effet, le CHU de Cocody comprend 13 services dont celui de gynécologie-obstétrique qui reçoit les femmes pour les consultations prénatales et biens d'autres prestations. Il compte également des laboratoires d'analyses médicales parmi lesquels on peut citer le laboratoire d'analyses biochimiques qui a servi de cadre pour les dosages sanguins. Les femmes sont suivies depuis le début de la grossesse jusqu'à terme. Le prélèvement sanguin et les tests biochimiques sont réalisés une fois par trimestre, pour chaque femme.

2.2 MATÉRIEL TECHNIQUE

Des tubes secs ou tubes à bouchon rouge (pour le dosage de la protéine c-réactive, créatinine, cholestérol total, HDL-cholestérol, LDL-cholestérol et des triglycérides) et des tubes à fluorure de sodium ou tubes à bouchon gris pour la glycémie. Des épicrâniens, du coton, de l'alcool et des sparadraps ont été utilisés pour les prélèvements sanguins. Une centrifugeuse de marque Eppendorf 5804 (Allemagne) a permis de centrifuger le sang prélevé. A ce matériel s'ajoutent, une micropipette de marque Eppendorf, des embouts et des cupules qui ont servi à recueillir l'aliquote de sérum obtenu après la centrifugation. Enfin, les analyses proprement dites ont été réalisées à l'aide d'un automate de biochimie ou un analyseur de biochimie automatique, de marque HITACHI 902, fabriqué par « ROCHE-France » et des réactifs biochimiques appropriés.

2.3 MÉTHODES

Les prélèvements sanguins sont effectués dans une salle de prélèvement, à jeun le matin, avant 10 heures, par ponction veineuse, au pli du coude. Les tubes à bouchon rouge et bouchon gris, étiquetés, contenant le sang prélevé, sont ensuite acheminés au laboratoire d'analyses biochimiques, où ils sont centrifugés à 3000 tours par minute (3000 Tr/min) pendant 3 à 5 minutes. Après centrifugation, le sérum obtenu dans les tubes secs et le plasma dans les tubes à fluorure de sodium, sont recueillis dans des cupules et utilisés pour les dosages sanguins par la méthode enzymatique colorimétrique. Le sérum est utilisé pour le dosage de la protéine c-réactive, de la créatinine, de cholestérol (total, HDL et LDL) et des triglycérides, et le plasma a servi au dosage du glucose. Les lectures se font à des longueurs d'onde variant de 500 à 510 nm selon le paramètre dosé.

3 RÉSULTATS

3.1 VALEURS DES MÉTABOLITES SÉRIQUES DES FEMMES ENCEINTES

Les taux des paramètres biochimiques tels que la C-RP, le glucose, la créatinine, le cholestérol total, HDL et LDL et les triglycérides ont été dosés, à chaque trimestre de la grossesse. Ainsi, ces analyses sanguines ont montré que 11,45 % des femmes enceintes ont eu un taux de C-RP élevé au 1er trimestre. Ce taux augmente à une valeur de 13,74 % au 2ème trimestre, puis diminue à 10,69 % au dernier trimestre de la grossesse. Au niveau de la glycémie, c'est 06,11 % de ces femmes qui sont

en hypoglycémie au 1er trimestre, 02,29 % au second trimestre et 04,58 % au 3ème trimestre de la grossesse. La proportion de femmes en état d'hyperglycémie, c'est-à-dire, celles qui risquent de faire un diabète gestationnel, augmente au cours de la grossesse, passant de 2,29 % en début de gestation, à 6,87 % en fin de grossesse. Tous les sujets ont eu une créatininémie normale pendant la période gestationnelle.

Le dosage du cholestérol total, a donné une cholestérolémie normale chez 60,31 % des femmes pendant les 6 premiers mois de la grossesse. Par contre, le taux de femmes avec un taux de cholestérol total augmente au fur et à mesure que la grossesse évolue, allant de 04,58 % au 1er trimestre, à 21,37 % au second trimestre, puis 23,66 % pendant les 3 derniers mois avant l'accouchement. Celles qui ont un taux de cholestérol HDL (ou bon cholestérol) faible représentent plus de 20 % aux deux premiers trimestres et 12,21 % au dernier trimestre de la grossesse. Le cholestérol LDL, qualifié de mauvais cholestérol a une valeur normale chez toutes les femmes au 1er trimestre, puis s'élève à 08,40 % au 2ème trimestre et continue d'augmenter jusqu'à atteindre 15,27 % de femmes au dernier trimestre de la grossesse. Comme le cholestérol, le taux de triglycérides augmente au cours de la grossesse. En effet, la proportion de femmes enceintes ayant une valeur normale de triglycérides diminue de 90,08 % au début à 74,81 % en fin de grossesse, tandis que ce taux augmente de 08,40 % au 1er trimestre à 24,43 % au second trimestre et 25, 19 % en fin de grossesse, pour celles qui ont une hypertriglycéridémie (Tableau 1).

Tableau 1. Distribution des paramètres biochimiques suivant les stades de la grossesse

Paramètres biochimiques		1er trimestre		2ème trimestre		3ème trimestre	
C-RP (mg/l)	Valeur normale (< 6)	116	88,55	113	86,26	117	89,31
	≥ 6	15	11,45	18	13,74	14	10,69
Glucose (g/l)	< 0,60	08	06,11	03	02,29	06	04,58
	Valeur normale (0,6-1,1)	120	91,60	123	93,89	116	88,55
	> 1,10	03	02,29	05	03,82	09	06,87
Créatinine (mg/l)	< 04	00	00,00	00	00,00	00	00,00
	Valeur normale (04-16)	131	100	131	100	131	100
	> 16	00	00,00	00	00,00	00	00,00
Cholestérol total (g/l)	< 1,50	46	35,11	24	18,32	19	14,50
	Valeur normale (1,50-2,32)	79	60,31	79	60,31	81	61,83
	> 2,32	06	04,58	28	21,37	31	23,66
Cholestérol HDL (g/l)	< 0,40	37	28,24	33	25,19	16	12,21
	Valeur normale (0,40-0,75)	61	46,56	69	52,67	83	63,36
	> 0,75	33	25,19	29	22,14	32	24,43
Cholestérol LDL (g/l)	Valeur normale (< 1,70)	131	100	120	91,60	111	84,73
	≥ 1,70	00	00,00	11	08,40	20	15,27
Triglycérides (g/l)	< 0,40	02	01,53	00	00,00	00	00,00
	Valeur normale (0,40-1,40)	118	90,08	99	75,57	98	74,81
	> 1,40	11	08,40	32	24,43	33	25,19

N : effectifs = 131 sujets ; C-RP : C-réactive protein ou protéine C-réactive ; HDL : High Density Lipoprotein ou Lipoprotéine à haute densité ; LDL : Low Density Lipoprotein ou lipoprotéine à faible densité.

3.2 INTERRELATION ENTRE LES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES ET LES FACTEURS SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Une relation a été recherchée entre les résultats des dosages biochimiques et certains critères comme l'âge, la nationalité, le niveau d'instruction des femmes enceintes, ainsi que le type de latrine qu'elles utilisent. Après analyse, les résultats aux deux premiers trimestres n'ont pas donné d'effets significatifs (p > 0,05). Par contre, il a été remarqué une interrelation significative entre le taux de triglycérides et l'âge de la femme, au 3ème trimestre de la grossesse (p= 0,04). La triglycéridémie est élevée chez la plupart des femmes âgées de 30 à 39 ans (63,6 %) au dernier trimestre de grossesse (Tableau 2). On note une interrelation significative entre le cholestérol-HDL et la nationalité en fin de grossesse (p=0,03), avec un taux plus élevé chez les Ivoiriennes (Tableau 3).

Tableau 2. Interrelation entre le taux de triglycérides et l'âge de la mère

Paramètres biochimiques			Age de la mère				
			≤ 19 ans (%)	20 à 29 ans (%)	30 à 39 ans (%)	≥ 40 ans (%)	p-value
Triglycérides (g/l)	T1	Bas	00	00	100	00	0,798
		Normal	5,1	44,9	47,5	2,5	
		Elevé	00	45,5	54,5	00	
	T2	Bas	00	49,5	42,4	3	0,069
		Normal	5,1	28,1	68,8	00	
		Elevé	3,1	00	00	00	
	T3	Bas	00	00	00	00	**0,045**
		Normal	3,1	51	43,9	2	
		Elevé	9,1	24,2	63,6	3	

T1 : trimestre 1 ; T2 : trimestre 2 ; T3 : trimestre 3

Tableau 3. Interrelation entre le taux de cholestérol-HDL et la nationalité

Paramètres biochimiques					p-value
			Etrangères (%)	Ivoiriennes (%)	
Cholestérol-HDL (g/l)	T1	Bas Normal	10,8	89,2	0,132
		Elevé	11,5	88,5	
			00	100	
	T2	Bas Normal	12,1	87,9	0,171
		Elevé	10,1	89,9	
			00	100	
	T3	Bas Normal	25	75	**0,030**
		Elevé	7,2	92,8	
			3,1	96,9	

HDL : High Density Lipoprotein ou Lipoprotéine à haute densité ; T1 : trimestre 1 ; T2 : trimestre 2 ; T3 : trimestre 3

Pour ce qui est du niveau d'instruction, 83,3 % des sujets du niveau primaire ont une cholestérolémie élevée au 1er trimestre de la grossesse. De surcroît, il existe une interrelation significative entre le taux de cholestérol total et le niveau d'instruction pendant le 1er trimestre de la grossesse (p= 0,00). Au deuxième et troisième trimestre, le taux le plus élevé de cholestérol est noté chez la majorité des femmes de niveau supérieur avec pour proportions respectives 46,4 % et 45,2 %. Alors que le plus faible taux de cholestérol est observé chez les sujets analphabètes. (Tableau 4).

Tableau 4. Interrelation entre le taux de cholestérol total et le niveau d'instruction

Paramètres biochimiques			Niveau d'instruction				p-value
			Jamais scolarisée (%)	Primaire (%)	Secondaire (%)	Supérieur (%)	
Cholestérol total (g/l)	T1	Bas	6,5	19,6	32,6	41,3	**0,007**
		Normal	12,7	15,2	27,8	44,3	
		Elevé	00	83,3	00	16,7	
	T2	Bas	12,5	25	33,3	29,2	0,756
		Normal	7,6	19	29,1	44,3	
		Elevé	14,3	17,9	21,4	46,4	
	T3	Bas	10,5	31,6	31,6	26,3	0,154
		Normal	8,6	13,6	33,3	44,4	
		Elevé	12,9	29	12,9	45,2	

T1 : trimestre 1 ; T2 : trimestre 2 ; T3 : trimestre 3

Les femmes qui utilisent les latrines de type moderne sont plus nombreuses que celles qui ont des latrines traditionnelles. Une interrelation significative a été observée entre la CRP et le type de latrine aux 2ème et 3ème trimestre de la grossesse. Il existe une interrelation significative entre le type de latrine et les taux de cholestérol total et de cholestérol-LDL au cours des 3 derniers mois avant l'accouchement (Tableau 5).

Tableau 5. Interrelation entre paramètres biochimiques et types de latrine

Paramètres biochimiques			Types de latrine		p-value
			Moderne (%)	Traditionnelle (%)	
CRP (mg/l)	T1	Normal	95,7	4,3	0,62
		Elevé	92,9	7,1	
	T2	Normal	97,4	2,6	0,00
		Elevé	81,3	18,8	
	T3	Normal	97,5	2,5	0,00
		Elevé	70	30	
Cholestérol total (g/l)	T1	Bas	100	00	0,12
		Normal	92,4	7,6	
		Elevé	100	00	
	T2	Bas	100	00	0,41
		Normal	93,7	6,3	
		Elevé	96,4	3,6	
	T3	Bas	100	00	0,03
		Normal	97,5	2,5	
		Elevé	87,1	12,9	
Cholestérol-LDL (g/l)	T1	Normal	95,4	4,6	……nd..
		Elevé	00	00	
	T2	Normal	95,8	4,2	0,45
		Elevé	90,9	9,1	
	T3	Normal	97,6	2,4	0,00
		Elevé	57,1	42,9	

C-RP : C-réactive protein ou protéine C-réactive ; LDL : Low Density Lipoprotein ou lipoprotéine à faible densité. T1 : trimestre 1 ; T2 : trimestre 2 ; T3 : trimestre 3

4 DISCUSSION

Les résultats des différentes analyses sanguines ont montré que plus de femmes avaient une valeur de CRP élevée au second trimestre de la grossesse. En d'autres termes, 13,73 % de femmes étaient suspectées d'avoir une inflammation contre 11,45 % au 1er trimestre et 10,69 % au dernier trimestre gestationnel. La CRP étant une protéine de la phase aiguë de l'inflammation synthétisée principalement par le foie mais aussi par le tissu adipeux, elle joue un rôle important dans les réactions inflammatoires, et sert de marqueur biologique à celles-ci [8]. Son taux de synthèse journalier peut être multiplié par 50 en cas d'inflammation. Cependant, n'étant pas modifiée par la grossesse, seule l'inflammation peut augmenter la CRP qu'elle soit d'origine physique, chimique, infectieuse ou auto-immune. La valeur de CRP élevée chez ces femmes enceintes pourrait aussi être due aux niveaux élevés de graisse totale et viscérale [9], car de nombreuses études ont montré que la femme en surpoids ou obèse est associée à un état inflammatoire chronique qui se caractérise par une augmentation des concentrations circulantes de plusieurs protéines de l'inflammation (protéine c-réactive, fibrinogène, etc.) et de nombreuses cytokines pro-inflammatoires comme TNFα, IL6 et leptine [10]. Pendant la période gestationnelle, aucune modification n'a été observée au niveau de la créatininémie des femmes enceintes. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Malti-Boudilmi (2015) en Algérie. En effet il affirme dans une étude faite sur des femmes enceintes sans aucune pathologie et des femmes enceintes obèses, que les teneurs plasmatiques maternelles en créatinine ne montrent pas de modifications entre les deux groupes étudiés (témoins et obeses), et ce, quel que soit le trimestre de la grossesse [11].

Le pourcentage de femmes ayant un profil glucidique et lipidique élevé (hyperglycémie, hypercholestérolémie, hyperLDL-cholestérolémie, hypertriglycéridémie), augmente à mesure que la grossesse évolue. Par contre, la proportion de femmes enceintes qui ont une hypoHDL-cholestérolémie diminue à chaque trimestre de la grossesse. Ces résultats sont similaires à ceux de Malti-Boudilmi (2015). En effet, ces travaux effectués à Tlemcen (Algérie) indiquent une évolution des teneurs

plasmatiques en glucose au cours de la grossesse, d'où une augmentation significative chez les mères témoins et obèses. Cette modification s'accentue au 3ème trimestre de la grossesse. Le bilan lipidique aussi présente une augmentation significative croissante des teneurs plasmatiques en cholestérol, en triglycérides et en LDL-cholestérol au cours des trois trimestres de la grossesse. Quant aux teneurs en HDL-cholestérol, elles restent stables durant les trois trimestres [11]. La grossesse étant définie comme un ensemble de modifications métaboliques, le premier trimestre se caractérise par un état d'anabolisme visant à la constitution de réserves glycogéniques et lipidiques. Par contre, durant le deuxième trimestre et jusqu'à la fin de la grossesse, le métabolisme énergétique maternel s'oriente vers un état de catabolisme privilégiant la fourniture au fœtus de substrats tels que le glucose, les acides gras libres et les acides aminés [12]. Ce profil métabolique est très souvent observé chez les sujets qui présentent une forte accumulation de graisse intra-abdominale, très souvent associé à un risque accru de maladies cardiovasculaires [13]. Cette accumulation abdominale de graisses pendant la grossesse entraîne des débordements des taux d'acide gras, des dépôts adipeux et une lipotoxicité. Les effets lipotoxiques entrainent la dysfonction endothéliale maternelle, ces effets peuvent modifier le métabolisme placentaire [14] et donc entrainer des complications durant la grossesse (pré éclampsie ou fausse couche) et la prédiction de l'obésité chez les enfants.

Une interrelation entre le taux de triglycérides et l'âge de la femme a été révélée significative au dernier trimestre de la grossesse. En effet, des données épidémiologiques signalent un risque accru de maladies métaboliques, entre autres une hyperlipidémie chez les femmes enceintes qui sont plus âgées. Ce qui signifie que l'âge de la mère pourrait être un facteur de risque d'une hypertriglycéridémie. La principale caractéristique du profil lipidique est l'apparition de concentrations plasmatiques de triglycérides deux à trois fois supérieures aux concentrations pré gestationnelles [15]. Le maximum est atteint au troisième trimestre de grossesse et le retour aux concentrations pré gravidiques s'effectue, en général, six semaines après la délivrance [16]. L'analyse croisée entre la nationalité et le taux de HDL-cholestérol a donné une interrelation au dernier trimestre de la grossesse. Cela pourrait s'expliquer par les habitudes alimentaires de ces femmes selon leur nationalité ou leur ethnicité. Ainsi le mode d'alimentation diffère très souvent d'une nationalité à une autre et même d'un groupe ethnique à un autre. En plus, le profil métabolique chez la femme enceinte dépend en grande partie de ses habitudes alimentaires.

Le niveau d'instruction de ces femmes serait un facteur influençant le cholestérol total au 3ème trimestre gestationnel. Un niveau d'instruction bas ou l'analphabétisme peut souvent conduire la femme enceinte à une ignorance ou à un manque de connaissance de son mode de vie, car même si le cholestérol est produit en grande partie par l'organisme humain, il provient aussi de notre alimentation. De ce fait, il serait judicieux que les bonnes habitudes en matière d'alimentation soient prises dès le début (au 1er trimestre) de la grossesse, et si possible même avant la conception déjà [17]. Enfin, le type de latrines utilisé a révélé une interrelation avec la CRP aux 2 derniers trimestres, puis avec le cholestérol (total et LDL) au 3ème trimestre de la grossesse. La CRP, marqueur de l'inflammation, serait donc influencée par le type de latrine. En effet, le type de latrines définit en quelque sorte, le mode de vie d'une population donnée, ou encore les conditions dans lesquelles vivent ces femmes. Il est évident que si les bonnes conditions de vie ne sont pas réunies, ces femmes, déjà vulnérables pendant la période gestationnelle, seront exposées à des infections et biens d'autres maladies pouvant compromettre le bon déroulement de la grossesse.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il ressort que les modifications observées au cours de la grossesse concernent surtout le métabolisme glucidique et lipidique. Ainsi, la proportion de femmes enceintes étant en hyperglycémie, hypercholestérolémie, hyperLDL-cholestérolémie ou encore en hypertriglycéridémie, augmentaient considérablement à chaque trimestre. Au vu de tous ces résultats, nous pouvons retenir que les profils glucidique et lipidique doivent être régulièrement contrôlés pendant la période gestationnelle chez les femmes enceintes.

RÉFÉRENCES

[1] J. Colau (2002). Grossesse normale besoins nutritionnels d'une femme enceinte. *Revue du Praticien,* **49** : 1273-1243.

[2] H. Merzouk, M. Meghelli-Bouchenak, B. Loukidi, J. Prost et J. Belleville (2000). Impaired serum lipids and lipoproteins in fetal macrosomia related to maternal obesity. *Biology of the Neonate*, **77**:17-24.

[3] E. Herrera et H. Ortega-Senovilla (2010). Maternal lipid metabolism during normal pregnancy and its implications to fetal development. *Clinical Lipidology*, **5** (6): 899-911.

[4] B. J. Meyer, F. M. Stewart, E. A. Brown, J. Cooney, S. Nilsson, G. Olivecrona, J. E. Ramsay, B. A. Griffin, M. J. Caslake et D. J. Freeman (2013). Maternal obesity is associated with the formation of small dense LDL and hypoadiponectinemia in the third trimester. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **98** (2):643-652.

[5] T. A. Buchanan et A. H. Xiang (2005). Gestational diabetes mellitus. *Journal of Clinical Investigation*, 115: 485-491.

[6] E. Dube, A. Gravel, C. Martin, G. Desparois, I. Moussa, M. Ethier-Chiasson, J. C. Forest, Y. Giguere, A. Masse et J. Lafond (2012). Modulation of fatty acid transport and metabolism by maternal obesity in the human full-term placenta. *Biology of Reproduction*, **87** (14) : 1-11.

[7] K. G. M. M. Alberti, P. Zimmet et J. Shaw (2006). Metabolic syndrome: a new world-wide definition. A consensus statement from the International Diabetes Federation. *DiabeticMedicine*, **23** (5):469-480.

[8] S. Dubucquoi, C. Caron, B. Hennache, D. Subtil et E. Hachulla (2005). Interprétation des examens biologiques au cours de la grossesse. *Revue du Rhumatisme*, **72** (8): 698-706.

[9] P. Mathieu, I. Lemieux et J. P. Despres (2010). Obesity inflammation, and cardiovascular risk. *Clinical and Pharmacology Therapeutics*, **87** (4): 407-416.

[10] A. Figueroa et A. Agil (2011). Changes in plasma oxidative stress and antioxidant activity, measured with melatonin levels, and its relationship to newborns from obese and diabetic pregnancies. *Journal of Diabetes and Metabolism*, S4: 002.

[11] N. A. Malti-Boudilmi (2015). Troubles nutritionnels et métaboliques au cours de la grossesse associée à l'obésité dans la région de Tlemcen. Thèse de Doctorat en biologie cellulaire et moléculaire. Université de Tlemcen, 186 pages.

[12] J. Haddad et B. Langer (2004). Médecine fœtale et néonatale. Edition Springer, 314-355.

[13] H. R. Banack et J. S. Kaufman (2014). The Obesity Paradox: Understanding the effect of obesity on mortality among individuals with cardiovascular disease. *Preventive Medicine Journal*, **10**:475-482.

[14] J. Saben, Y. Zhong, H. Gomez-Acevedo, K. M. Thakali, S. J. Borengasser, A. Andres et K. Shankar (2013). Early growth response protein-1 mediates lipotoxicity-associated placental inflammation: role in maternal obesity. *American Journal of Physiology- Endocrinology and Metabolism*, **305**:1-14.

[15] L. Fahraeus, U. Larsson-Cohn et L. Wallentin (1985). Plasma lipoprotein subfractions during normal pregnancy. *Obstetrics and Gynecology Journal*, **66**: 468.

[16] W. A. Salameh et D. S. Mastrogiannis (1994). Maternal hyperlipidemia in pregnancy. *Clinical Obstetrics and Gynecology Journal*, **37**: 66-77.

[17] S.S.N. société suisse de nutrition. (2008). L'alimentation de la femme enceinte. *E Brochure.* **17**: 2-3.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1247-1259
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Mesure du degré d'intégration financière internationale des pays de la CEDEAO : Une analyse du paradoxe de Feldstein et Horioka (1980)

N'GUESSAN Kouakou Romain

Docteur, École Nationale de Statistique et d'Économie Appliquée (ENSEA), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper investigates the Feldstein–Horioka coefficients for 13 ECOWAS countries using the recently developed Augmented Mean Group (AMG) estimator over the period of 1975 to 2014. AMG methodology incorporates the issues of endogeneity, heterogeneity and cross-sectional dependence. Furthermore, we also investigate the role of several other macroeconomic factors, Balance trade, inflation, credit and population growth, to improve the international capital mobility. The results show high value of saving retention coefficient (0,76), signifying high association between domestic savings and domestic investment and hence a slow capital mobility or financial integration in ECOWAS countries.

KEYWORDS: Feldstein–Horioka, Financial integration, Augmented Mean Group estimator, ECOWAS.

RÉSUMÉ: Cette étude fait un réexamen du coefficient de Feldstein et Horioka pour 13 pays de la CEDEAO à l'aide du récent estimateur Augmented Mean Group (AMG) sur la période 1975 à 2014. La méthode AMG tient compte des questions d'endogénéité, d'hétérogénéité et de dépendance interindividuelle. Toutefois, nous regardons le rôle joué par d'autres facteurs macroéconomiques. Il s'agit de la balance commerciale, de l'inflation, du crédit et du taux de croissance de la population. Les résultats montrent une valeur élevée du coefficient de rétention de l'épargne (0,76) signifiant ainsi une association élevée entre l'investissement domestique et l'épargne domestique. Un tel résultat conclut à une faible mobilité du capital et donc à un faible degré d'intégration financière international des pays de la CEDEAO.

MOTS-CLEFS: Feldstein et Horioka, Intégration financière, Estimateur Augmented Mean Group, CEDEAO.

JEL CLASSIFICATION: C23, F21 , F32.

1 INTRODUCTION

Ces dernières décennies se caractérisent par une accélération de la dynamique de la mondialisation qui ne laisse aucun pays indifférent. Bien qu'il n'en demeure pas moins qu'elle fait l'objet de discussions et de critiques, force est de reconnaitre qu'elle est génératrice d'opportunités considérables. Ainsi, un effort visant à promouvoir la coopération et l'intégration régionale s'est fait ressenti avec la création en mai 1975 de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). A cet égard, le désir de créer une synergie économique dans la région à travers l'intégration économique et financière, avait pour principal enjeu l'accession à une croissance plus soutenue et à une réduction de la pauvreté. Toutefois, les pays de cette région restent toujours confrontés à un faible niveau de l'épargne intérieure et surtout aux difficultés liées aux modalités de sa mobilisation. Par ailleurs, plusieurs études dont celle de Keho (2012) montrent que le système financier de ces pays est dominé par les banques qui, la plupart du temps, sont réticentes à octroyer des crédits de long terme qui puissent permettre de financer convenablement les investissements. A cet égard, il est tout à fait concevable que les pays de la communauté économique des Etats de l'Afrique de l'ouest se penchent sur d'autres sources de financements de leurs

économies qui puissent permettre à la fois le développement technologique et financier puis accroitre les investissements et créer une croissance inclusive.

Le fait que l'intégration au système financier international soit devenue un impératif pour tous les décideurs économiques (Diaw, 2012) a suscité plusieurs travaux qui ont tentés de mettre en œuvre différentes approches qui permettent de mesurer le degré d'intégration financière des économies. Ainsi, Andrade (2007) montre que la mesure du degré d'intégration financière internationale atteinte par un pays doit se faire par l'approche de Feldstein et Horioka (1980). Il soutient que la parité non-couverte des taux d'intérêt établit que les flux de capitaux auront comme conséquence l'égalisation des taux de rendement attendus des obligations de chaque pays, en tenant compte de l'exposition au risque de change pour chacun d'eux. Or cette définition exige la parité couverte du taux d'intérêt qui elle stipule que la mobilité créera un seul taux d'intérêt mesuré par rapport à une monnaie commune. A son tour, la parité du taux d'intérêt réel qui dit que la mobilité provoquera l'égalisation des taux réels entre les pays, exige la parité non-couverte des taux d'intérêt. Enfin la définition de Feldstein-Horioka (1980) exige la vérification de la parité du taux d'intérêt réel mais indique aussi que toute autre variable, autre que le taux d'intérêt réel, qui puisse déterminer l'investissement, n'ait aucune influence sur l'épargne nationale.

Par ailleurs, la mesure de l'intégration financière internationale par l'approche de Feldstein et Horioka (1980) a suscité beaucoup d'intérêt dans la littérature (Singh, 2016). Certaines de ces études ont même porté sur les pays en développement et particulièrement ceux de l'Afrique subsaharienne (Eggoh, 2011 ; Esso, 2011 ; Adeniyi et Egwaikhide, 2013 ; Hassan, 2016). Cependant, les études en panel souffrent de certaines limites. D'une part, certaines d'entre elles n'ont pas tenu compte du solde de la balance commerciale, de l'inflation, du crédit et de la croissance de la population dans l'examen de la relation entre l'investissement et l'épargne. D'autre part, ces études n'ont pas tenu compte des questions d'endogénéité, d'hétérogénéité et de dépendances interindividuelles.

Dans un tel contexte, quelle est le degré réel de l'intégration financière des pays de la CEDEAO ?

Répondre à cette interrogation nécessite de définir des objectifs et d'émettre des hypothèses. Ce faisant, l'objectif général de cette étude est de mesurer le degré d'intégration financière internationale des pays membres de la CEDEAO. Spécifiquement, il s'agit de faire un réexamen de la corrélation épargne-investissement de ces pays.

Bien que cette étude met l'accent sur l'importance du solde de la balance commerciale de l'inflation, du crédit et de la croissance de la population dans la détermination du degré d'intégration financière, elle utilise des méthodes récentes dans le cadre des données de panel qui ont l'avantage de tenir compte des problèmes d'endogénéité, d'hétérogénéité et de dépendance interindividuelle. Il s'agit de l'estimateur AMG (Augment Mean group) proposés Eberhardt et Bond (2009) puis Eberhardt et Teal (2011).

Cette étude est structurée en trois parties. La première partie fait une revue des travaux portant sur le sujet. La deuxième partie présente le cadre méthodologique adopté par l'étude. Les résultats, les interprétations et la discussion apparaissent dans la troisième partie. L'étude se termine par une conclusion qui fait ressortir les principaux résultats et les implications de politiques économiques.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

L'utilisation de l'approche de Feldstein-Horioka (1980) ou corrélation épargne-investissement permet de mesurer la mobilité des capitaux et partant le degré d'intégration financière des pays. Le débat suscité par cette approche et l'ambigüité soulevée par celle-ci a fait dire à Obstfeld et Rogoff (2000) qu'elle constitue une énigme qui est d'ailleurs l'un des six plus grands « puzzles » qu'on connaît en économie internationale. Ainsi, cette section fait un examen des travaux sur la question. Dans un premier temps, une revue critique des travaux sur l'hypothèse de Feldstein-Horioka (1980) est présentée. Dans un second temps, seuls les travaux sur les pays de l'Afrique sub-saharienne sont présentés.

2.1 REVUE DES TRAVAUX SUR L'HYPOTHÈSE DE FELDSTEIN-HORIOKA (1980)

Cette sous-section après avoir présenté l'approche de base de Feldstein-Horioka (1980), fait une revue critique de celle-ci. Nous partons des études qui réfutent l'approche de Feldstein-Horioka en tant que mesure de la mobilité des capitaux puis terminons par les études qui soutiennent cette approche mais qui proposent plusieurs éléments et techniques pour l'améliorer.

2.1.1 L'APPROCHE DE FELDSTEIN-HORIOKA (1980) ET SON IMPOSSIBILITÉ À SAISIR CONVENABLEMENT LE DEGRÉ D'INTÉGRATION FINANCIÈRE ET PARTANT LA MOBILITÉ DES CAPITAUX

La mesure de l'intégration financière par la corrélation entre l'épargne et l'investissement nait du travail pionnier de Feldstein et Horioka (1980). Ces deux auteurs étudient les conséquences de l'intégration financière sur la corrélation entre l'épargne et l'investissement. Selon ces auteurs, une faible valeur du coefficient de rétention de l'épargne impliquerait une forte mobilité des capitaux et donc une plus grande intégration financière. Apres avoir testé cette hypothèse pour 16 pays de l'OCDE, ils aboutissent au résultat selon lequel 85% de l'épargne nationale ont été investis localement sur la période 1960-1976. Un tel résultat laisse comprendre que le capital n'est pas mobile dans les pays les plus développés alors que ceux-ci sont les plus ouverts sur le plan financier. Bien que ce résultat ait été confirmé par plusieurs autres études (Feldstein 1983; Murphy, 1984; Dooley et al., 1987; Feldstein et Bacchetta 1991; Sinn 1992), l'ambigüité soulevée par celle-ci constitue un paradoxe qualifié de paradoxe de Feldstein-Horioka (1980).

Toutefois, plusieurs critiques vont s'élever à l'endroit de cette approche. Ces critiques vont montrer que l'approche de Feldstein-Horioka (1980) qui tient à évaluer la corrélation épargne-investissement est inappropriée pour étudier le degré de mobilité du capital et partant celui de financiarisation des économies. A cet égard, Mishkin (1986) soutien qu'il n'existe aucun modèle structurel qui puisse expliquer l'investissement en fonction de l'épargne et que toute correction économétrique d'une telle relation conduira à des résultats qui ne pourront qu'être incompréhensibles. Quant à Dornbusch (1991) le résultat de Feldstein-Horioka(1980) rend compte des enseignements de la littérature en économie ouverte qui stipule que sous la condition de parfaite mobilité des capitaux, tout changement du taux d'épargne nationale reflète principalement le compte courant et non pas l'investissement.

Ghosh (1995) rejette l'approche de Feldstein-Horioka(1980) et propose d'utiliser des mesures alternatives de la mobilité du capital comme le critère de la consommation. Il montre que le coefficient de rétention de l'épargne dans l'analyse de Feldstein-Horioka (1980) est sans signification puisque la balance courante ne tend pas vers l'équilibre. Contrairement à leur résultat, Coakley et al. (1996) trouvent que les séries du taux d'épargne et d'investissement sont intégrés d'ordre 1. La raison explicative de la forte corrélation entre l'investissement et l'épargne ne serait pas un puzzle mais tiendrait à un artefact statistique lié à la régression. Ils recommandent donc d'utiliser un autre critère, celui du solde de la balance courante rapporté au PIB qui est égal à la différence entre les taux d'investissement et d'épargne. Ils estiment en effet que l'approche de Feldstein-Horioka (1980) traduit la contrainte de solvabilité à long terme de la balance extérieure plutôt que le degré de mobilité du capital. Dans cette même veine, Rocha (2003), à travers un modèle inter temporel en économie ouverte et des tests économétriques montre que le coefficient de rétention de l'épargne tel qu'indiqué dans l'approche de Feldstein Horioka (1980) ne mesure pas le degré de mobilité du capital mais plutôt la contrainte de solvabilité.

Pour Moosa (1997) les corrélations entre les taux d'investissement et d'épargne ne peuvent rendre compte de la mobilité internationale des capitaux car elles ne concernent que les flux nets d'entrées et de sorties de capitaux, et non les flux bruts. Pour cet auteur, l'indicateur de Feldstein-Horioka n'est pas une mesure pertinente de la mobilité internationale des capitaux puisque l'augmentation des flux bruts témoigne d'un accroissement de cette mobilité. Pomfret (1998) trouve que l'approche de Feldstein-Horioka (1980) mesure sans doute l'immobilité du capital plutôt que la mobilité du capital. Celui-ci indique qu'une valeur nulle du coefficient de rétention de l'épargne est une condition suffisante mais pas une condition nécessaire de la parfaite mobilité du capital. A l'opposé, une valeur de rétention de l'épargne égale à 1, n'implique pas nécessairement l'immobilité du capital. De plus, Sachsida et Caetano (2000) dans leur étude montrent que le coefficient de rétention de l'épargne dans l'approche de Feldstein-Horioka (1980) ne peut expliquer la mobilité du capital car celui-ci représente une relation de substitution entre l'épargne domestique et étrangère. Ces auteurs indiquent qu'un coefficient de rétention du capital égal à 1 n'est que le reflet d'une corrélation nulle entre l'épargne domestique et l'épargne étrangère.

2.1.2 L'APPROCHE DE FELDSTEIN-HORIOKA : JUSTIFICATIONS ET AMÉLIORATIONS

Bien des études ont montré que pour de multiples raisons, il est possible d'avoir une forte corrélation entre l'épargne et l'investissement même en présence d'une forte mobilité du capital. Ces travaux concernent tout d'abord ceux qui mettent en avant l'idée d'un choc sur la productivité et la technologie ou même d'un choc global (Sachs, 1981; Obstfeld, 1986; Frankel et al., 1986; Murphy, 1984; Finn, 1990; Baxter and Crucini, 1993; Glick and Rogoff, 1995). Il se peut en effet qu'à la suite d'un certain choc global, le pays ne peut emprunter ou prêter à l'étranger puisque les autres pays sont aussi confrontés à la même situation. Par ailleurs, si un choc exogène arrive à affecter l'investissement et l'épargne simultanément, non seulement on ne pourra attribuer la corrélation à une faible mobilité du capital mais cette corrélation pourra être très élevée. C'est le cas où le gouvernement réagit de façon systématique aux déséquilibres de la balance des opérations courantes pour tenter de les annuler ou de les limiter. Ainsi, lorsque le gouvernement réagit au déficit commercial induit par une croissance de

l'investissement en diminuant les dépenses publiques ou en augmentant les impôts, alors l'investissement et l'épargne intérieurs seront corrélés pour des raisons qui n'ont rien à voir avec la mobilité du capital. Cet argument qualifié d'hypothèse de « l'équilibre extérieur maintenu » a été mis en avant par les auteurs tels que Westphal (1983), Caprio et Howard (1984), Summers (1985) et Artis et Bayoumi (1989). Aussi, il y a plusieurs travaux qui mettent l'accent sur le problème lié à la taille des pays c'est-à-dire le niveau de revenu. Selon Harberger (1980), cet effet introduit un biais automatique qui résulte du fait qu'un grand pays est plus proche d'une économie fermée qu'un petit. De même au plan international, un grand pays peut financer une large partie de ses investissements à l'aide de son épargne intérieure sans avoir besoin de recourir à l'épargne extérieure. Une version plus sophistiquée de l'effet de taille concerne le problème des externalités. La validité des tests à la Feldstein-Horioka repose sur l'hypothèse que les variables externes sont exogènes, notamment le taux d'intérêt international. Cette hypothèse peut être acceptée dans le cas des « petits pays » mais n'est plus vérifiée pour les « grands pays » qui ont la taille suffisante pour influencer les variables extérieures. Les externalités produites par une variation du taux d'épargne conduisent alors à établir une corrélation avec le taux d'investissement, même en présence d'une parfaite mobilité du capital. Sachs (1983) confirme cet effet et montre que le taux de déficit extérieur par rapport au PIB est négativement corrélé avec la taille du pays. De plus, l'inclusion des petits pays affaiblit les corrélations investissement-épargne (Murphy, 1984). Murphy considère un échantillon de 17 pays de l'OCDE et trouve que le groupe des 10 grands pays se caractérise par un coefficient de 0,98 alors que celui des 7 petits pays est de 0,59. On retrouve une telle disparité entre pays industrialisés et pays en développement (Dooley et al., 1987). Toutefois selon Fieleke (1982) et Tesar (1991) la correction du biais introduit par l'effet de taille laisse persister une corrélation élevée entre les taux d'investissement et d'épargne; les résultats dégagés par Feldstein-Horioka ne proviennent donc pas d'un artefact lié à ce biais.

Un autre pan de la littérature supporte certes l'approche de Feldstein-Horioka comme mesure de la mobilité des capitaux mais trouvent que la solution du puzzle est à rechercher dans l'approche méthodologique et économétrique. Ainsi, sachant que les régressions en coupe instantané utilisées par Feldstein-Horioka sont sujettes à beaucoup de limites (Hussein, 1998 ; Telatar et al., 2007), plusieurs auteurs vont utiliser les données en série temporelle de même que les test de cointégration pour estimer l'amplitude de la corrélation entre épargne et investissement (Pelagidis and Mastroyiannis, 2003 ; Sinha and Sinha, 2004 ; Akadiri et al., 2016). Ces études vont s'étendre aux données de panel et aux techniques de cointégration en panel (Adedeji and Thornton, 2008 ; Narayan and Narayan, 2010 ; Bangake and Eggoh, 2011 ; Singh, 2013 ; Holmes et Otero, 2014 ; Bibi et Jalil, 2015). Par ailleurs, Aguiar-Conraria et al. (2008) et de Rua (2010) proposent l'utilisation des analyses en temps-fréquence. Ainsi, Ko et Funashina (2016) analysent les co-mouvements entre l'investissement et l'épargne pour neuf pays de 1885-2010. Leur analyse en temps-fréquence avec la méthode des ondelettes prouvent qu'il existe une plus grande corrélation entre investissement et épargne dans les grandes économies comparativement aux économies moins développées et en développement. De plus, leur étude met l'accent sur le rôle des variables omises. Ils trouvent ainsi que dans l'ensemble, les couts liés au commerce ont plus d'influence dans la relation épargne-investissement et que la population influence le moins cette relation.

De plus, plusieurs études vont pointer du doigt l'influence de diverses variables à savoir, la corrélation entre les entrées et sorties de capitaux, la participation à un marché commun, la gouvernance, etc. Ainsi, Georgopoulos et Hejazi (2009) réexamine le puzzle de Feldstein-Horioka afin d'y trouver une explication. Leur analyse part d'un simple constat qui laisse entrevoir que l'accroissement de 30 dollars de l'épargne domestique peut être investit à l'étranger et en même temps un flux de 30 dollars de l'épargne étrangère peut être investit au niveau domestique. Dès lors, les auteurs font l'hypothèse que l'énigme de Feldstein-Horioka (1980) peut être résolu en intégrant un biais domestique lié à la corrélation entre les entrées et les sorties de flux de capitaux. Ainsi, en utilisant différents échantillons de pays dont 23 développés, 18 émergents et 21 en développement sur la période 1975-2004, ils parviennent à plusieurs résultats. Ils trouvent d'abord qu'en présence d'une forte corrélation positive entre les entrées et les sorties de flux de capitaux, les résultats de la spécification standard de Feldstein-Horioka (1980) sont biaisés à la hausse. Ensuite, ils indiquent que la prise en compte de cette corrélation peut réduire le biais domestique de 45 à 90%.

Bibi et Jalil (2016) revisitent la corrélation Epargne-Investissement pour un large groupe de pays durant la période 1980-2015. Toutefois, ils incluent dans la spécification standard plusieurs facteurs macroéconomiques pouvant influer sur le puzzle standard de Feldstein-Horioka. Parmi les facteurs macroéconomiques retenus, il y a l'environnement judiciaire, l'environnement des affaires et la gouvernance. Aussi, pour avoir des résultats assez robuste, les auteurs tiennent compte de l'existence de ruptures structurelles et de dépendance interindividuelle. A cet effet, il utilise la méthode CCEMG de Pesaran (2006). Les principaux résultats de cette étude confirment qu'il y a en premier lieu un manque de mobilité des capitaux en considérant l'équation standard de Feldstein et Horioka. Ensuite les capitaux sont plus mobiles si on intègre dans l'équation standard l'influence de la globalisation, de l'environnement juridique, de la gouvernance et de développement du secteur financier.

Katsimi et Zoega (2016) mènent une étude sur le degré d'intégration de 30 pays européens sur différentes périodes allant de 1960 à 2014. Ils cherchent principalement à évaluer les effets du marché unique européen survenu en 1993 et de l'Union Européenne en 1999 sur le degré d'intégration de ces pays. Pour ce faire, ils scindent leur échantillon en deux groupes. Le premier est le groupe de pays n'appartenant pas au marché unique qu'ils qualifient de groupe de contrôle. Le second est le groupe de pays appartenant au marché unique qu'ils qualifient de groupe de traitement. Afin de mener à bien leur étude, les auteurs utilisent plusieurs méthodes à savoir les MCO, les variables instrumentales et enfin la méthode des doubles différences. Le constat est tel que l'utilisation des MCO et des variables instrumentales indiquent une corrélation élevée entre l'investissement et l'épargne. Par contre, la méthode des doubles différences indique tout le contraire. Les auteurs concluent que la participation des pays au marché unique et à l'Union Européenne a contribué à accroitre la mobilité du capital.

Ketenci (2016) mène une étude sur la mobilité des capitaux dans un échantillon des pays d'Europe des 27 durant la période 1995-2013 en utilisant des données trimestrielles. Suggérant que le taux d'intérêt n'est pas le seul déterminant de l'investissement et que la décision d'investir dépend aussi de l'expérience passée des investisseurs, l'auteur inclut dans la régression les valeurs passées de l'investissement comme variables explicatives. Et puisque la mobilité internationale des capitaux est exposée aussi bien aux changements interne et étrangère à l'économie, l'auteur ajoute dans la régression une variable muette censée représenter la crise financière de 2008. L'utilisation de plusieurs méthodologies à savoir celles des GMM en différence et système lui permette d'aboutir à plusieurs résultats. Il aboutit à l'existence d'une forte mobilité des capitaux dans l'ensemble des pays considérés et rejette donc l'hypothèse de Feldstein-Horioka. Toutefois, l'auteur montre que la crise financière est à même de réduire la mobilité des capitaux.

2.1.3 TRAVAUX RELATIFS AUX PAYS DE L'AFRIQUE SUB-SAHARIENNE

Cette sous-section porte sur les études relatives aux économies de l'Afrique sub-saharienne et fait une revue critique des travaux qui ont porté sur les zones non CEDEAO et CEDEAO.

2.1.3.1 TRAVAUX SUR LA ZONE NON CEDEAO

De Wet et Van Eyden (2005) portent leur attention sur 36 pays africain entre 1980-2000. Ils intègrent dans leur régression l'aide étrangère afin de prendre en compte la dépendance de la plus part de ces pays aux finances étrangères. De plus, ils intègrent d'autres variables de contrôle à savoir l'ouverture commerciale et le ratio du compte courant au PIB. L'application des effets fixes et aléatoires débouchent sur des résultats indiquant de faibles coefficients de rétention du capital soient 0.286 et 0.349 indiquant une forte mobilité du capital dans la région. Payne et Kamazawa (2005) arrivent à des conclusions similaires. Selon ces auteurs, si l'aide étrangère est une variable importante mais omise, la faible corrélation entre l'épargne et l'investissement traduit une plus forte mobilité des capitaux qu'elle ne l'est actuellement. Adedeji and Thornton (2006) après avoir utilisé un panel de 37 pays d'Afrique sub-saharien sur la période 1970-2006 et plusieurs techniques économétriques trouvent une la mobilité du capital relativement faible et élevée allant de 0,39 à 0, 73. Bangake and Eggoh (2011) étendent les analyses des précédents auteurs en faisant la distinction entre les pays utilisant la même monnaie, les pays étant producteur de pétrole, mais aussi les pays de droits communs et de droits civiles. Les méthodes des panels non stationnaires qu'ils utilisent montrent que le coefficient de rétention de l'épargne varie de 0,30 à 0,85.

Samba (2010) trouve que l'hypothèse Georgepoulos (2009) dans la corrélation épargne-investissement ne se vérifie pas dans 15 pays d'Afrique sub-saharien que la faiblesse du coefficient de rétention du capital est à rechercher ailleurs notamment au niveau des variables omises. Ainsi, Adeniyi et Egwaikhide (2013) réexamine le puzzle de Feldstein-Horioka (1980) sur 20 pays de l'Afrique subsaharienne sur la période 1976-2005. A l'aide de plusieurs méthodes des panels stationnaire, il trouve que l'intégration du développement financier dans la relation entre l'épargne et l'investissement peut accroitre le coefficient de rétention du capital. Aussi, Gil-Alana et al. (2016) soutiennent que le lien entre l'épargne et l'investissement doit tenir compte de l'existence de rupture structurelle. En effet, les auteurs parviennent au résultat selon lequel l'énigme de Feldstein-Horioka se vérifie sous une forme faible avant la période de dérégulation financière. Toutefois, celle-ci ne se vérifie plus après les années 1980. Ils concluent alors que la dérégulation financière à fait fléchir le lien entre épargne et investissement en Afrique du sud.

2.1.3.2 TRAVAUX PORTANT SUR LA ZONE CEDEAO

Utilisant des données annuelles allant de 1960 à 2007 pour 12 pays de la CEDEAO, Esso (2011) analyse à l'aide de la méthode de cointégration à seuil de Gregory et Hansen (1996) la relation de long terme entre l'investissement et l'épargne. Aussi, à l'aide de la méthode de Toda et Yamamoto (1995), il étudie les liens de causalité que ces deux variables entretiennent. Ses résultats montrent que les pays de la CEDEAO se composent de deux groupes. Dans le premier groupe de pays, bien que le capital soit mobile, il n'y a pas de relation de long terme entre l'investissement et l'épargne. Dans le second groupe, non

seulement la mobilité du capital est incomplète mais le coefficient de rétention de l'épargne dans la plupart de ces pays varie au cours du temps et est différent d'un pays à l'autre. Aussi, la prise en compte de l'ouverture commerciale et des effets de taille accroissent la mobilité du capital. De plus, l'investissement cause l'épargne dans certains pays et l'épargne cause l'investissement dans d'autres.

Hassan (2016) mène une étude sur la mobilité internationale du capital dans 13 pays de la CEDEAO durant la période 1980-2011 en utilisant l'approche de Feldstein-Horioka. L'auteur utilise des données secondaires à savoir la formation brute du capital fixe en pourcentage du PIB comme proxy de l'investissement et l'épargne brut domestique en pourcentage du PIB comme proxy de l'épargne. Par ailleurs, il utilise plusieurs estimateurs dans son étude. Il s'agit notamment des estimateurs FMOLS, DOLS, DFE, MG et PMG. Toutefois, le test d'Hausman lui a permis de faire un choix entre les trois derniers estimateurs cités et de ne retenir que l'estimateur PMG. Comme résultats, il trouve que le coefficient de rétention de l'épargne est significatif dans les modèles utilisés. Il est de 0.3031 pour l'estimateur PMG, 0.4818 pour l'estimateur FMOLS et 0.4772 pour l'estimateur DOLS. Ainsi, les différents coefficients obtenus montrent qu'il y a une faible corrélation entre l'investissement domestique et l'épargne domestique. Attestant ainsi l'existence de la mobilité internationale du capital dans la CEDEAO.

Au regard de cette vaste littérature qui existe sur la mesure de la mobilité du capital par l'approche de Feldstein et Horioka et dont les Survey sur la question font référence aux travaux de Aspergis et Tsoumas (2009) puis de Singh (2016) ; nous retenons tout comme Chang and Smith (2014), Chen and Shen (2015) et Konya (2015) et même Singh (2016) que dans l'ensemble, l'énigme persiste malgré les différentes spécifications et approches méthodologiques. Sur ceux, des efforts de recherches supplémentaires sont les bienvenues afin de clarifier un peu plus cette relation surtout dans le cas de pays en voie de développement. Nous proposons d'utiliser des méthodes économétriques récentes à différent groupes d'échantillons de pays appartenant à la CEDEAO selon le poids occupé par le stock d'actifs et d'engagements extérieurs dans le produit intérieur brut.

La revue de littérature ainsi faite, passons à la section suivante qui permettra de définir l'ensemble des procédures nécessaires pour évaluer le degré d'intégration financière internationale des économies de la communauté économique des Etats de l'Afrique de l'ouest (CEDEAO).

3 CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Les études qui ont analysé le degré d'intégration financière à l'aide de l'approche de Feldstein-Horioka (1980) se sont récemment tournées vers des approches en données de panel. Cependant, ces études ont longtemps sous-estimé les questions d'hétérogénéité individuelle et surtout les questions de dépendances interindividuelles qui peuvent biaiser les résultats de telles estimations. Les développements récents ces questions notamment dans les panels longs ont pu permettre la mise en place d'estimateurs (CCEMG et AMG) qui tiennent compte à la fois des problèmes d'endogénéité, d'hétérogénéité et de dépendance inter-individuelle. De plus, ces estimateurs ont l'avantage de tenir compte des ruptures structurelle et des shocks (Kapetanios *et al.*, 2011, Eberhardt, 2012 ; Anthanasius et Aziakpono, 2016, Bibi et Jalil, 2016)

Ainsi, la présente section expose en premier lieu la spécification du modèle et les variables utilisées. En second lieu, elle présente les méthodes d'estimation.

3.1 SPÉCIFICATION DU MODÈLE ET LES DONNÉES

A la différence de la spécification de base de Feldstein-Horioka (1980) qui ne porte que sur une analyse en coupe transversale et qui ne comporte aucune autre variable qui puisse expliquer l'investissement en dehors de l'épargne, nous spécifions notre modèle en tenant compte des dimensions individuelle et temporelle puis incluons dans celle-ci les variables du solde de la balance commerciale, de l'inflation, du crédit, du taux de croissance de la population,

Ainsi, nous formulons notre modèle empirique comme suit

$$INVESTISSEMENT_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 EPARGNE_{i,t} + \alpha_2 BALANCE_COMMERCIALE_{i,t} +$$

$$\alpha_3 INFLATION_{i,t} + \alpha_4 CREDIT_{i,t} + \alpha_4 POPULATION_CROISS_{i,t} + \mu_{i,t} \quad (1)$$

Dans l'équation (1), $\alpha_0, \alpha_1\ \alpha_2, \alpha_3\ \alpha_4, \alpha_5\ et\ \mu_{i,t}$ représentent respectivement l'effet fixe individuel, les coefficients afférents aux régresseurs et le terme de l'erreur.

3.2 MÉTHODE D'ESTIMATION

La méthode utilisée dans le cadre de cette étude est une méthode adaptée aux panels dont la dimension temporelle excède la dimension individuelle comme c'est le cas dans notre étude. Considérons les équations suivantes où *i=1,…, N* désigne la dimension individuelle et *t=1, …, T* désigne la dimension temporelle.

$$y_{it} = \beta_i x_{it} + u_{it} \ (2)$$

$$u_{it} = \alpha_{1i} + \lambda_{i1} f_t + \varepsilon_{it} \ (3)$$

$$x_{it} = \alpha_{2i} + \lambda_{i2} f_t + \gamma_i g_t + v_{it} \ (4)$$

Où x_{it} et y_{it} sont observables, β_i est le coefficient des régresseurs observables spécifiques aux individus et u_{it} contient les facteurs inobservables et le terme de l'erreur ε_{it}. Les inobservables dans l'équation (3) regroupent d'une part l'effet fixe α_{1i} qui capture l'hétérogénéité individuelle non dépendante du temps et d'autre part les facteurs communs inobservés f_t et le coefficient d'hétérogénéité λ_i qui peuvent capturer l'hétérogénéité dépendante du temps et les dépendances interindividuelles. ε_{it} et v_{it} sont supposés être des bruits blancs. Bien que les termes f_t et g_t induisent des dépendances interindividuelles à la fois des erreurs et des régresseurs, f_t tient compte de possibles dépendances interindividuelles entre les erreurs et les régresseurs. Ainsi, La présence de f_t dans (3) et (4) induit des biais d'endogénéité dans l'équation à estimer et donc des problèmes d'identification de β_i.

L'estimateur CCEMG résout le problème de dépendance interindividuelle en incluant comme régresseurs additionnels les moyennes individuelles des variables indépendantes ($\bar{x}$) et dépendantes ($\bar{y}$). Pesaran (2006) prouve que ces moyennes tiennent compte des facteurs communs inobservés f_t. Quant à la question concernant l'impact différentié des facteurs communs (λ_i) , il est résolu en estimant l'équation pour chaque individu et en calculant ensuite la moyenne non pondérée des coefficients sur l'ensemble du panel. Ce qui est en fait une procédure Mean Group (MG). Selon Chudik et Pesaran (2011) puis Pesaran et Tosetti (2011), l'estimateur CCEMG est robuste en présence d'effet d'un shock global et d'externalités.

Toutefois, comme le souligne Eberhardt (2012), l'estimateur CCEMG traite les facteurs communs comme des paramètres de nuisance ce qui n'est pas assez intéressant dans certaines analyses empiriques puisque les moyennes sont difficilement interprétables. De ce fait, il propose l'estimateur AMG qui contrairement au CCEMG ne traite pas les facteurs communs comme des paramètres de nuisance mais fait l'hypothèse que ces facteurs représentent un processus dynamique commun (*CDP*) qui peut être estimé. Ainsi, l'estimateur AMG résout le problème d'identification de β_i en utilisant une procédure en trois étapes :

Première étape : on fait une régression des MCO de (5) avec T-1 variables muettes de temps en différence première pour lesquelles les coefficients sont collectés et renommés CDP.

$$\Delta Y_{it} = b' \Delta x_{i,t} + \sum_{t=2}^{T} c_t \, \Delta D_t + \varepsilon_{i,t} \ (5)$$

Deuxième étape : le CDP est ajouté ou soustrait de la variable dépendante, i.e.

$$\tilde{y}_{it} = y_{it} - CDP \ (6)$$

Troisième étape : on estime le modèle pour chaque individu du panel puis on calcule la moyenne des coefficients estimés à l'image du modèle MG de Pesaran et Smith (1995).

$$\hat{\beta}_{AMG} = N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \widehat{\beta}_i \ (7)$$

Par ailleurs, avant de passer aux différentes estimations, nous avons procédé aux tests de stationnarité, puisque que nous nous trouvons en présence d'un panel long. A cet effet, nous avons procédé à plusieurs tests de racine unitaire. Il s'agit des tests proposés par Im-Pesaran-Shin (2003), Maddala et Wu (1999) et Pesaran (2003, 2007).

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Cette section se déroule en trois phases. La première aborde les résultats des tests de racine unitaire en panel. La seconde phase présente les résultats des estimations. Enfin, la dernière phase présente les interprétations et la discussion.

4.1 RÉSULTATS DES TESTS DE RACINE UNITAIRE EN PANEL

Les résultats des tests de racine unitaire sur l'échantillon d'étude sont consignés dans le tableau (1). Nous calculons trois statistiques à savoir celles d'Im Pesaran et Shin (IPS, 2003), celle de Maddala et Wu (MW, 1999) puis celle de Pesaran (CIPS, 2007).

Les tests d'IPS et de MW indiquent que toutes nos variables excepté celles de l'inflation et du du taux de croissance de la population sont non stationnaires en niveau. Quant au test CIPS, il indique que seules les variables de l'investissement et du taux de croissance de la population sont non stationnaires en niveau. Toutefois une fois ces variables différentiées à l'ordre un, tous les tests concluent à la stationnarité des variables excepté le test CIPS concernant la variable du taux de croissance de la population.

Nous concluons alors que nos variables FCBF_PIB et POPULATION_CROISS sont stationnaires en niveau et les variables EPARGNE_PIB, BALANCE_COMMERCIALE, INFLATION et CREDIT sont stationnaires en différence première.

Tableau 1. Résultats des tests de racine unitaire en panel

	Variables en niveau			Variables en différence première		
	IPS	MW	CIPS	IPS	MW	CIPS
FCBF_PIB	0.14 (0.556)	22.20 (0.6773)	-1.73	-13.89* (0,000)	288.20* (0,000)	-5.726*
EPARGNE_PIB	-0.55 (0.290)	38.29 (0.056)	-2,42	-14.73* (0,000)	310,23* (0,000)	-6,13*
BALANCE_COMMERCIALE	-0.85 (0.196)	34.17 (0.130)	-2,18	-15.36* (0,000)	336,21* (0,000)	-6,11*
INFLATION	-7.81* (0,000)	134.85* (0,000)	-4.68	-22.05* (0,000)	552.60* (0,000)	-6.13*
CREDIT	1.06 (0.855)	20.86 (0,748)	-2,19	-10.63* (0,000)	195,29* (0,000)	-5,65*
POPULATION_CROISS	-15.13* (0,000)	353.73* (0,000)	-1,33	-19,87* (0,000)	437,28* (0,000)	-1,52

*Notes : ** (*) représente la significativité au seuil de 5% (1%). Les coefficients entre parenthèse représentent les P-Values. Les valeurs critiques du test de Pesaran (2007) aux seuils de 5% et 1% sont respectivement -2,11 et -2,26.*

Après avoir présenté les tests de stationnarité de nos variables, nous pouvons passer aux résultats des estimations puisque l'utilisation de notre modèle ne requiert pas forcément l'existence d'une cointégration entre nos variables.

4.2 RÉSULTATS DES ESTIMATIONS

Le tableau ci-dessous (2) présente un résumé des résultats issus de l'estimation de notre modèle.

Tableau 2. Estimation de l'équation

	Coefficient	Erreurs-type	P-Value
EPARGNE_PIB	0,76*	0,098	0,000
BALANCE_COMMERCIALE	-0,94*	0,071	0,000
INFLATION	-0,02**	0,010	0,022
CREDIT	-0,13*	0,048	0,005
POPULATION_CROISS	0,42	1,568	0,786

*Note : ** (*) représente la significativité au seuil de 5% (1%), la variable expliquée est l'investissement approximée par la formation brute du capital fixe en pourcentage du PIB.*

Les résultats montrent que l'épargne domestique en pourcentage du PIB et le taux de croissance de la population impactent positivement les investissements alors que la balance commerciale, l'inflation et le crédit accordé au secteur privé par les banques impactent négativement les investissements.

Il apparait en effet qu'une augmentation d'un point de pourcentage de l'épargne domestique en pourcentage du PIB et du taux de croissance de la population entraine une augmentation respective de 0 ,76 et 0,42 point en pourcentage de l'investissement dans la CEDEAO. Par ailleurs, une augmentation d'un point en pourcentage de la balance commerciale, de l'inflation et du crédit entraine une baisse de respectivement 0,94 ; 0,02 et 0,13 point en pourcentage des investissements dans la CEDEAO.

4.3 INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS

Nos résultats montrent que le coefficient de rétention de l'épargne dans les pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) est de 0,76. Un tel résultat indique que les pays en question sont faiblement intégrés au système financier international. Bien que nos résultats soient contraires à plusieurs autres études sur la question et particulièrement à celle d'Hassan (2016) qui a utilisé le même échantillon de pays que nous, force est de reconnaitre que nos résultats reflètent la réalité en rejetant l'existence d'un paradoxe. En effet, plusieurs facteurs peuvent expliquer le faible niveau d'intégration financière des pays de la CEDEAO. D'une part nous avons les facteurs liés à la réglementation et à l'orientation politique. D'autre part nous avons les facteurs liés à l'environnement institutionnel et au niveau de développement des systèmes financiers.

En effet, Il y a des divergences d'ordre économique, juridique et réglementaire, qui empêchent les transactions transfrontalières des marchés de capitaux. Précisément, le niveau de conformité aux normes internationales en matière de réglementation telles que les principes fondamentaux de Bâle II et III. Aussi, l'imposition des restrictions catégoriques sur la propriété étrangère de capitaux nationaux dans certains Etats membres de la CEDEAO freine l'intégration effective des marchés financiers. Dans certains pays, il y a des restrictions relatives aux limites individuelles et cumulées sur la propriété étrangère de capitaux nationaux ainsi que des restrictions sur la propriété locale de capitaux internationaux. En outre, le contrôle des mouvements de capitaux tels que les limites sur le transfert des fonds et les règles relatives au contrôle des changes posent d'énormes défis aux flux transfrontaliers de fonds.

Bien que la littérature de l'effet de l'inflation sur l'investissement ne fasse pas l'unanimité, nous trouvons dans le cadre des pays de la CEDEAO que la hausse du niveau de l'inflation est négativement corrélée à l'investissement. La maitrise de l'inflation n'est pas de mise dans tous les pays de la CEDEAO. D'une part nous avons les pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) qui ont une certaine maitrise de leur inflation à travers le respect des critères de convergence et d'autre part nous avons les pays de la Zone Monétaire de Afrique de Ouest (ZMAO) qui éprouvent toujours des difficultés à avoir une maitrise de leur inflation. Ainsi, nos résultats peuvent s'expliquer suivant différents points. D'abord, l'inflation peut agir directement sur l'investissement en réduisant le taux réel du retour sur investissement. Ensuite, l'incertitude créée par l'inflation peut impacter négativement l'investissement par l'accroissement coût du capital, la réduction du crédit, l'augmentation du prix des facteurs de production.

Le solde de la balance commerciale défavorise l'investissement dans la CEDEAO. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les pays de la zone enregistrent des soldes commerciaux déficitaires. En effet, le déficit commercial est le témoin d'une faible compétitivité des prix à l'exportation, à la perte de part de marché ou à une mauvaise spécialisation géographique.

Le résultat de l'effet du crédit sur l'investissement est contre-intuitif. En générale, on s'attend à ce que les crédits distribués par les banques au secteur privé aient un effet positif sur l'investissement. Or, la structure des crédits dans la zone CEDEAO montre que leur allocation est moins performante et ne répond pas au besoin de financement des économies. En effet, ceci peut être une conséquence directe du cadre institutionnel qui prévaut dans ces pays car la faible qualité de l'environnement institutionnel et l'incertitude qui en résulte font que les banques préfèrent accorder les prêts à court terme au détriment de ceux de long terme qui puissent permettre de financer convenablement les investissements.

5 CONCLUSION

L'objectif de ce chapitre est de mesurer le degré d'intégration financière des pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Dans le cadre de ce travail, c'est l'approche de Feldstein-Horioka (1980) qui a été utilisée. La corrélation épargne –investissement ou approche de Feldstein-Horioka (1980) a suscité beaucoup d'intérêt dans la littérature économique. Dans leur ensemble, ces études ont tenté de corriger les imperfections de l'approche de base. D'un côté, ces études ont pris en compte les effets d'un ensemble de variables (taille, ouverture commerciale, développement financier, flux

de capitaux entrant et sortant). De l'autre côté, les corrections apportées ont été d'ordre méthodologique. Toutefois, ces études n'ont pas intégré dans leurs analyses les effets du solde commercial et de l'inflation. De plus, elles n'ont pas utilisé de méthodes qui tiennent compte à la fois des problèmes d'endogénéité, d'hétérogénéité et de dépendance interindividuelle.

Notre étude tient compte de ces insuffisances et obtient le résultat selon lequel les pays de la CEDEAO sont faiblement intégrés au plan financier international avec un coefficient de rétention de l'épargne égal à 0,76. De plus, l'étude met en exergue un certain nombre d'éléments qui peuvent impacter les investissements dans la zone. Il s'agit de la balance commerciale, de l'inflation et du crédit.

Les résultats obtenus suscitent un certain nombre d'implications en termes de politiques économiques.

En effet, une intégration efficace du système financier au plan international se base sur des politiques macroéconomiques viables et durables, la nécessité s'imposerait de continuer à renforcer et à améliorer les politiques macroéconomiques des Etats membres. Il importe en effet de mettre en œuvre des réformes du secteur financier en vue de supporter et de renforcer la stabilisation macroéconomique. Les réformes du secteur financier devront s'orienter vers l'innovation et une amélioration de la profondeur du système financier dans l'ensemble des pays de la zone. Par ailleurs, il faut renforcer les régulations prudentielles intérieures en vue de compléter les réformes du secteur financier. Au fond, ceci nécessiterait le renforcement du niveau de respect des normes internationales telles que les Principes de Base de Bâle (BCP), les normes internationales de communication financière (IFRS), les recommandations FATF 40+9 et la supervision basée sur le risque, entre autres.

REFERENCES

[1] Apergis, N. and Tsoumas, C. (2009). « A survey of the Feldstein-Horioka puzzle: What has been done and where we stand », *Research in Economics*, Vol. 63, pp. 64-76.

[2] Bangake, C., and J.C. Eggoh (2011), « The Feldstein–Horioka Puzzle in African Countries: A Panel Cointegration Analysis », *Economic Modelling* 28 (3): 939–947.

[3] Baxter, M. and Crucini, M.J. (1993), «Explaining Saving-Investment Correlations », *The American Economic Review*, Vol. 83, No. 3, pp. 416-436.

[4] Bayoumi, T. (1990), « Saving–Investment Correlations: Immobile Capital, Government Policy or Endogenous Behavior? », *International Monetary Fund Staff Papers,* 37 (2): 360-387.

[5] Bibi, N., et Jalil, A., (2016) « Revisiting Feldstein-Horioka Puzzle Econometric Evidences From Common Coefficient Mean Group Model », *Pakistan Economic and Social Review,* Volume 54, No. 2, pp. 233-254.

[6] Chen, S. W. et C. H. Shen (2015), « Revisiting the Feldstein-Horioka puzzle with regime switching: New evidence from European countries » *Economic Modelling*, Volume 49, pp. 260-269.

[7] Chudik, A., M. H. Pesaran, et E. Tosetti. (2011), « Weak and strong cross-section dependence and estimation of large panels », *Econometrics Journal* 14: C45–C90.

[8] Coakley, J., Kulasi,F. and Smith, R. (1996), «Current Account Solvency and the Feldstein-Horioka Puzzle », *The Economic Journal*, Vol. 106, No. 436 (May, 1996), pp. 620-627.

[9] Coakley, J., Kulasi, F. and Smith, R. (1998), «The Feldstein-Horioka Puzzle and Capital Mobility: A Review », *International Journal of Finance and Economics*, 3: 169–188.

[10] Eberhardt, M., and S. Bond (2009) « Cross-section dependence in nonstationary panel models: A novel estimator », MPRA Paper 17692, University Library of Munich.

[11] Eberhardt, M., and F. Teal. (2010), « Productivity analysis in global manufacturing production », Discussion Paper 515, Department of Economics, University of Oxford.

[12] Feldstein, M. and Horioka, C. (1980), «Domestic savings and international capital flows », *Economic Journal*, 90, 314–329.

[13] Feldstein, M. (1983), «Domestic saving and international capital movements in the long run and the short run », *European Economic Review, Volume,* 21(1-2), pp. 129-151.

[14] Fouquau, J., Hurlin, C., & Rabaud, I. (2008), « The Feldstein-Horioka puzzle: A panel smooth transition regression approach », *Economic Modelling, 25*, 284-299.

[15] Frankel, J. (1992), « Quantifying International Capital Mobility in the 1980s » in B. Bernheim and J. Shoven eds., *National Saving and Economic Performance*. Chicago: University of Chicago Press.

[16] Fratzscher, M. (2011), « Capital flows, push versus pull factors and the global financial crisis », Working Paper Series, 1364, July. European Central Bank.

[17] Georgepoulos ,G., et W. Hejazi. (2009), « The Feldstein-Horioka puzzle revisited: Is the home-bias much less? *», International Review of Economics and Finance*, 18:341-350.

[18] Ghosh A. R. (1995), « International capital mobility amongst the major industrialed countries : too little or too much», *The Economie Journal*, 105, p. 107-128.

[19] Harberger A. (1980), «Vignettes on the World Capital Market », *American Economie Review*, 70, 331-37.

[20] Hassan, I.B., Azali, M., Lee, C., (2014), « Feldstein-Horioka Puzzle And International Capital Mobility In High Income Countries: A Pool Mean Group Approach », *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics,* 2014, 25(5), 480–486.

[21] Hassane, I.B., (2016), « International capital mobility in West Africa: A panel cointegration approach », *Cogent Economics & Finance,* 4 : 1256023

[22] Ho, T.-W. (2002a), «The Feldstein–Horioka Puzzle Revisited », *Journal of International Money and Finance,* 21 (4): 555–564.

[23] Ho, T.-W. (2002b), « A Panel Cointegration Approach to the Investment–Saving Correlation. » *Empirical Economics,* 27 (1): 91–100.

[24] Ho, T.-W. (2003), « The Saving–Retention Coefficient and Country-Size: The Feldstein– Horioka Puzzle Reconsidered. », *Journal of Macroeconomics,* 25 (3): 387– 396.

[25] Ho, J.H. et Funashima, Y., (2016), « On the Sources of the Feldstein-Horioka Puzzle across Time and Frequencies *», MPRA Paper*, No. 75297.

[26] Holmes, M. J. and J. Otero (2014), « Re-examining the Feldstein-Horioka and Sachs'views of capital mobility: A heterogeneous panel setup », *International Review of Economics and Finance*, Volume 33, pp. 1-11.

[27] Hsiao C., Pesaran M.H., et Tahmiscioglu A.K., (1999) « Bayes Estimates of Short run Coefficients in Dynamic Panel Data Models », in Hsiao C., Pesaran H., Lahiri K. et Lee L-F. (eds), *Analysis of Panels and Limited Dependent Variable Models,* Cambridge University Press, chapter 11, pp. 268–296.

[28] Jiang, M. (2014), « Saving-investment association and regional capital mobility in China: A nonparametric panel approach », *Pacific Economic Review*, Volume 19(2), pp. 184-200.

[29] Johnson, M. A. and D. J. Lamdin (2014), « Investment and saving and the Euro crisis: A new look at Feldstein-Horioka », *Journal of Economics and Business*, Vol. 76, pp. 101-114.

[30] Kapetanios, G., M. H. Pesaran, and T. Yamagata. (2011), « Panels with non-stationary multifactor error structures », *Journal of Econometrics* 160: 326–348.

[31] Katsimi, M., & Zoega, G. (2016). European integration and the Feldstein–Horioka puzzle. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 78*, 834–852

[32] Keho, Y., (2012), « Le rôle des facteurs institutionnels dans le développement Financier et économique des pays de l'UEMOA », *Revue Économique et Monétaire*, (Décembre 2012), N° 12.

[33] Ketenci, N., (2015), « Capital mobility in the panel GMM framework: Evidence from EU members » *The European Journal of Comparative Economics, 12*, 3–19

[34] Konya, L. (2015), « Saving and Investment Rates in the BRICS Countries. », *The Journal of International Trade & Economic Development: An International and Comparative Review,* 24 (3): 429–449.

[35] Ma, W., Li, H., (2016), « Time-varying saving–investment relationship and the Feldstein–Horioka puzzle », *Economic Modelling*, 53, 166–178.

[36] Maddala, G., et Wu, S., (1999) « A Comparative Study of Unit Root Tests and a New Simple Test », *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, pp. 631-652.

[37] Moosa I. A. (1997), « Resolving the Feldstein-Horioka puzzle », *Economia Internazionale, L 3*, p.437-457

[38] Murphy, R.G. (1984), «Capital Mobility and the Relationship between Saving and Investment Rates in OECD Countries », *Journal of International Money and Finance*, 3, 327-342.

[39] Payne, J.E., and R.Kumazawa. (2005), « CapitalMobility, Foreign Aid, andOpenness: Further Panel Data Evidence from Sub-Saharan Africa. », *Journal of Economics and Finance,* 29 (1): 122–126.

[40] Payne, J.E., and R. Kumazawa. (2006), « Capital Mobility and the Feldstein–Horioka Puzzle: Re-examination of Less Developed Countries. », *The Manchester School,* 74 (5): 610– 616.

[41] Pesaran, M.H. et Smith R.P., (1995) « Estimating Long-run Relationship from Dynamic Heterogeneous Panel », *Journal of Econometrics* 68(1), pp. 79–113.

[42] Pesaran, M.H., Shin Y., et Smith R.P., (1999) « Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels », *Journal of American Statistical Association* 94(446), pp. 621–634.

[43] Pesaran, M. H. (2006), « Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure » *Econometrica* 74: 967–1012.

[44] Raheem, I. D., K. Ajide and O. Adeniyi (2015), « « Is there a role for governance in the saving-investment nexus for Sub-Saharan Africa? », *Journal of Social and Economic Development*. Volume 17(2), pp. 120-134.

[45] Sachs, J.D. (1982), « The Current Account in the Macroeconomic Adjustment Process. », *Scandinavian Journal of Economics,* 84 (2): 147–159.

[46] Sachs, J.D. (1983), « Aspects of the Current Account Behaviour of OECD Countries. », In *Recent Issues in the Theory of Flexible Exchange Rates*, edited by E. Classon, and P. Salin. Amsterdam: North-Holland.
[47] Samba, M.C. (2010), « Saving-Investment Correlation and Capital Mobility in Sub-Saharan African Countries: A Reappraisal through Inward and Outward Capital Flows ' Correlation », *International Journal of Economics and Finance,* Vol. 2, No. 2
[48] Singh, T. (2013), « Mobility of Capital in the OECD Countries: A Robust Evidence from Panel Data Estimators. », *Applied Economics Letters* 20 (7): 692–696.
[49] Singh, T. (2016), « Rhetorics of saving-investment correlations and the international mobility of capital: A survey », *The Journal of International Trade and Economic Development*, Volume 25(5), pp. 636-690.
[50] Sinha, T. and Sinha, D. (2004), « The mother of all puzzles would not go away », *Economic Letters*, 82, pp. 259-267.
[51] Younas, J. (2015), « Terrorism, openness, and the Feldstein-Horioka Paradox », *European Journal of Political Economy*, Volume 38, pp. 1-11.
[52] Zadeh, M.M., Mahmoodi, E., (2014), « Investigating Capital Mobility And Saving- Investment Relationship: Case Study Of MENA Countries », *International Journal of Management, Accounting and Economics,* Vol. 2, No. 6.

ANNEXE

Augmented Mean Group estimator (Bond & Eberhardt, 2009; Eberhardt & Teal, 2010)

Common dynamic process imposed with unit coefficient
Dependent variable adjusted FBCF_PIB
All coefficients present represent averages across groups (country1)
Coefficient averages computed as unweighted means

Mean Group type estimation	Number of obs	=	520
Group variable: country1	Number of groups	=	13
	Obs per group: min	=	40
	avg	=	40.0
	max	=	40
	Wald chi2(5)	=	237.13
	Prob > chi2	=	0.0000

	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
EPARGNE_PIB	.7670386	.0985467	7.78	0.000	.5738906	.9601866
BALANCE_COMMERCIALE	-.8487591	.0719541	-11.80	0.000	-.9897866	-.7077316
INFLATION	-.0238233	.0103667	-2.30	0.022	-.0441416	-.003505
CREDIT	-.1356228	.0482944	-2.81	0.005	-.230279	-.0409676
POPULATION_CROISS	.4239935	1.560022	0.27	0.786	-2.633594	3.481581
_cons	3.830978	3.789656	1.01	0.312	-3.596611	11.25857

Root Mean Squared Error (sigma): 2.6271

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1260-1268
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Crise écologique et la responsabilité humaine : Une lecture de l'encyclique « LAUDATO SI » du Pape François

Jean Rufin MUNKUOMO GONZALEZE

Professeur de l'écologie, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

Copyright © 2019 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: Devant la crise écologique à laquelle se trouve confronter l'humanité, des hypothèses sont émises dans beaucoup de disciplines, en outres, le récit biblique pour décrypter la responsabilité de l'homme dans cette crise écologique**.** Ainsi, en nous servant de l'encyclique « Laudato si , 2015 » du Pape François, nous voudrions nous intéresser à l'analyse de ce document afin de voir dans quelle mesure l'homme est à la base de la crise écologique. En suite, proposer des solutions au problème de cette crise qui menace l'équilibre durable de notre Planète Terre, la mère nourricière des humains, des générations actuelles et futures.

KEYWORDS: Biosphère, environnement, crise écologique, Développement durable, responsabilité, éthique.

1 INTRODUCTION

La Lettre Encyclique du Pape François « Laudato Si ». Sur la sauvegarde de la « maison commune » parue en novembre 2015 a connu un fort retentissement dans tous les cinq continents de notre planète. Et précisément, deux faits majeurs expliquent son large écho et sa bonne audience.

D'abord, l'Encyclique est sortie à point nommé lors du sommet de la COP 21 tenu à Paris-Bourget en 2016. Il s'agissait en fait de convaincre les dirigeants du monde entier de signer à l'unanimité les accords négociés du protocole de Kyoto (1997), afin de prendre en charge le problème des modifications ressenties de notre système climat. Ainsi, à l'issue du dit sommet, à travers la signature d'un large accord, le mérite du pays hôte était d'avoir réussi à mettre les Etats sur la voie du respect du Principe 7 de Rio I (1992) en faisant reconnaitre aux Etats leurs « responsabilités communes mais différenciées » dans la dégradation de l'environnement.

Ensuite, la motivation de la rédaction de cette Encyclique papale résulte d'un « effet de mode ». Car, elle est marquée par l'avènement de la « conscience écologique» survenue au cours des années 1970. Dans sa « Synthèse écologique » (1974), Duvignaud explique que l'apparition de cette conscience après la seconde moitié du 20^{ième} siècle n'est pas un hasard. Pour l'auteur, elle constitue un antidote pour « lutter contre l'ampleur du manque de la conscience écologique » du fait de la domination de la civilisation technologique. Ainsi, avec l'aggravation du manque de conscience écologique, l'auteur précité estime qu'il n'ya pas d'alternative. L'on évolue plutôt vers « un suicide de l'humanité ».

Et, l'auteur fait voir que ce suicide de l'humanité est possible à court terme, parce que la « noosphère », expression chère à Vernadskyi décrivant une « biosphère physiquement transformée et améliorée par l'intelligence humaine », est en train de devenir une « cupidosphère ». Par ce concept, Vernadskyi cité par Duvignaud (1974 :268) entend ceci : « Une réalité de la biosphère dominée par l'esprit de lucre, la médiocrité, l'absence du sens social, l'idéal de destruction et la doctrine égoïste de « après moi, le déluge ». A son temps, cet Ecologue avait déjà demandé « une nouvelle vision éthique basée sur la coexistence de l'homme et de la nature ». C'est cette nouvelle vision éthique qui peut forger un nouvel homme capable d'habiter la biosphère d'une façon durable, parce que « nous n'avons qu'une seule planète » (Dubos, 1972). Et, par rapport au souci de ces deux auteurs, le Pape François a tenté d'apporter sa vision d'écologie intégrale dans la façon d'habiter notre maison commune. Cette vision mérite d'être éclairée.

Hormis ces auteurs, au regard de multiples problèmes qui affectent la biosphère (pollution, nuisances, dégradation de l'environnement, perte de la biodiversité, problème de productivité des écosystèmes, destruction des ressources, etc.), plusieurs autres penseurs ont sonné l'alarme d'un malaise que traverse notre écosphère. Et à ce sujet, certains titres d'ouvrages d'auteurs sont révélateurs de plusieurs aléas, risques et vulnérabilités en rapport avec notre environnement planétaire. Entre autres : *La nature n'en peut plus (Skrotzky, 1970) ; Avant que nature ne meurt (Dorst, 1970) ; Changer ou disparaître (Goldsmiths et al., 1972) ; La terre sans arbre (Eckholm,1975) ; Le ciel déchiré. Pouvons-nous sauver la couche d'ozone ? (Gribbin, 1979) ; The Chalice and the Blade ou encore « La Calice et l'Epée » (Eisler, 1989) ; L'humanité en danger (Pape Jean-Paul II, 1990) ; « La Planète Terre, unique objet habité du système solaire est menacée par son produit le plus élaboré : l'Homme »* (Allègre, 1990) ; *« L'homme a détruit les écosystèmes et la biosphère, bases de la vie sur la terre »* (Jonas, 1990)*; La saison des feux (Revkin, 1990) ; « La nature semble avoir de la fièvre, l'homme en est le virus* » (Ruckelshaus, 1992)*; Sauver la planète Terre (Al Gore, 1993) ; « La terre est sur un fil à cause de l'homme»* (Lambin, 2004), *etc.* Tous ces titres font état d'un malaise ou une inquiétude profonde qui règne sur l'avenir de notre Planète. Pour le Pape, ce malaise constitue une équation. L'humanité doit lui trouver des solutions appropriées et durables.

A la suite du Pape François, nous avons la conviction qu'en face de la crise écologique qui menace l'humanité, sans doute, la meilleure solution concerne et passe par l'entremise de l'homme. Car, les aléas, les précarités, les vulnérabilités et les risques environnementaux majeurs qui se présentent sur notre Planète sont d'origine anthropique. C'est l'homme qui en est le responsable.

Ainsi, eu égard à ce qui précède, surtout face à l'ampleur et à l'aggravation de la crise écologique il faut des solutions urgentes pour sauver l'humanité en péril.

2 OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

En nous référant à l'encyclique « Laudato Si, 2015 », il y a lieu de dire que cette étude vise deux objectifs : analyser la pensée papale contenue dans cette encyclique en vue de saisir la quintessence de sa portée éthique dans la démarche de la sauvegarde de notre « maison commune » ; démontrer la capacité qu'a cette pensée à pouvoir d'entrer en dialogue avec l'écologie scientifique moderne et proposer des pistes susceptibles de faire de cet encyclique du Pape un nouvel outil éthique de développement durable.

Cependant, afin d'atteindre les objectifs ci-dessus fixés par l'étude, nous faisons recours à double approche méthodologique, à savoir : l'analyse de contenu et la systémique. La première approche nous permet d'analyser le texte de l'encyclique, de l'interpréter et de dégager l'essentiel de son contenu. Grâce à l'analyse de contenu, nous pourrions être en mesure de comprendre les grands axes éthique, théologique, religieux, politique du discours du François.

Quant à la systémique, elle nous permet de comprendre comment le système de pensée de François est organisé dans le mouvement d'ensemble de l'encyclique. Ensuite, l'approche systémique nous sert d'outil de compréhension de niveaux d'intégration de cette pensée dans d'autres systèmes de pensée écologiques, à savoir : scientifique, politique, social, culturelle etc. Egalement, la systémique nous autorise à la globalisation de cette pensée et de l'étendre dans une analyse sur le développement durable.

N'oublions pas que le développement durable est une notion composite. Elle englobe trois composantes de notre vie, en occurrence : écologique, économique et sociale. D'où, par son essence de concept multipolaire, toute analyse liée à cette notion exige impérativement une pareille approche.

3 LES PREMIÈRES PRISES DE CONSCIENCE DE LA CRISE ÉCOLOGIQUE AVANT L'AVÈNEMENT DE L'ENCYCLIQUE DU FRANÇOIS.

De prime abord, l'on doit reconnaître que l'écologie fait partie de la vie, à fortiori, elle est la vie. Car, l'écologie est capitale pour la survie et la continuité de la vie sur la Planète, parce qu'elle constitue : le cadre de vie (milieu et aspects paysagers), le capital naturel (ressources : matière, énergie, biodiversité, temps, espace), le réceptacle de la biocapacité (processus écologiques de la productivité des nouvelles ressources et de la renouvelabilité d'anciennes), etc. En gros, l'écologie constitue la source du développement et du bien-être de l'homme. Elle doit être préservée afin de soutenir la perpétuation du cycle de la vie.

Malheureusement, il a été constaté qu'après la deuxième guerre mondiale, précisément lors de trente années glorieuses de la forte poussée de l'économie mondiale, « l'utopie du progrès » (Hans Jonas, 1990) a sérieusement porté atteinte à notre environnement planétaire. En effet, la biosphère (support environnemental de la vie) s'est intoxiquée. Sa santé biophysique va très mal et, d'ailleurs, cette composante environnementale risque de se retrouver, à long terme, en un état d'agonie. Ceci est vrai. Car, l'esprit de l'humanité est taraudé par la mondialisation, un nouveau facteur producteur de ces trois réalités

environnementales : la surconsommation des ressources naturelles, l'accroissement des déchets à l'échelle spatiale et l'augmentation des empreintes écologiques dans la nature. Tous ces effets exposent l'humanité à la crise écologique.

S'agissant de l'émergence spectaculaire de la crise, il faut avouer que la prise de conscience collective des problèmes écologiques est ancienne. Elle remonte des années 1960-70. Du moins au niveau des Etats s'est manifestée par la déclaration commune faite à l'issue de la conférence intergouvernementale de l'environnement humain de Stockholm organisée par l'ONU en 1972. Le Vatican comme un Etat avait pris part à cette assise. Et, le mouvement de prise de conscience de problèmes environnementaux par les Etats, y compris l'Etat du Vatican et les autres forces sociales de la Planète, s'est poursuivi ultérieurement. Car, les deux autres sommets mondiaux organisés après Stockholm sur l'environnement (Rio I : 1992 et Johannesburg : 2002) sont tous porteurs de message de la crise, de la protection et/ou de la conservation de l'environnement en vue de la durabilité environnementale, un effet symptomatique du développement soutenable.

Politiquement, tous ces sommets ont pu favoriser à la fois la « forte sensibilité » et une « conscience croissante » des problèmes écologiques mondiaux. Par rapport à cette sensibilité généralisée, il faut même dire que la position de l'autorité morale de l'Eglise catholique sur la crise écologique multiforme de notre Planète est venue un peu en retard. Elle date de la fin de l'année 2015. Soit, quarante-trois ans après le premier sommet mondial sur l'environnement de Stockholm (1972).

Par rapport au temps mis pour la sortie de l'Encyclique, certaines analystes peuvent dire qu'elle a été influencée par l'effet de mode, de ce fait, sa doctrine est encline aux considérations idéologiques. Pour d'autres, elle est très indiquée, parce qu'elle est venue au moment de la maturation de la crise écologique, à son acmé. Avant cela, elle n'aurait pas trouvé sa pertinence. Toutes ces deux positions se justifient. Chacun peut se ranger derrière l'une ou l'autre position.

Car, la crise écologique mondiale est devenue un problème public. Tout individu peut avoir sa propre perception de la crise, sa vision des risques et ses pistes de solution empiriques, culturelles et scientifiques. Pour, notre part, nous pensons qu'il n'y a pas à trancher de façon nette entre ces deux points de vue divergents, parce que les problèmes écologiques sont complexes et dynamiques. Ils connaissent un contexte évolutif non prévisible. Au contraire, nous voulons plutôt nous rallier aux positions et solutions de nature éthique et religieuse. Pour cela, il est important de comprendre que nous sommes tous soumis à cet impératif éthique de Rio I (1992): « penser globalement et agir localement ». C'est grâce à la dynamique de cet impératif relevant à la fois du « savoir » et de l' « agir » que nous espérons entamer le processus du développement durable.

Ainsi, au regard de premières prises de consciences sur la crise écologique et par rapport à l'encyclique de François soumise à notre analyse, la question que nous posons est de savoir comment ce document attend mettre en œuvre cet impératif ? Entre temps, des fossés entre les pays du Nord et ceux du Sud se creusent de plus en plus. Ils accentuent des divergences dans la vision de développement durable. Alors, quelles sont les nouvelles exigences pour assurer la durabilité de notre Planète ?

4 DIAGNOSTICS DU PAPE FRANÇOIS SUR L'ÉTAT DE LA BIOSPHÈRE ET DE SES RÉSIDENTS.

Les diagnostics que le Pape fait sur l'état actuel de la biosphère et des hommes qui l'habitent reposent sur ces trois principaux axes : scientifique, humaniste et éthico-religieux.

En effet, l'Encyclique du Pape fait découvrir l'existence de trois types de tonalité et d'accent utilisés par ce dernier dans la rédaction de ce document. Ces différents accents identifiés dans l'écriture de cette encyclique mettent en exergue trois « personnalités » existantes auprès de cette autorité ecclésiale.

D'abord, la première personnalité du Pape découverte dans l'Encyclique est celle d'un scientifique. En effet, François fait figure d'un personnage doté d'une vaste culture scientifique moderne sur l'environnement et ses crises. Sa grande culture écologique lui a permis de réfléchir scientifiquement sur les origines et risques ou conséquences de notre crise environnementale. D'ailleurs, de son avis, pour ne pas rester en marge de grandes écologiques contemporaines et, surtout pour afficher sa grande sensibilité aux questions écologiques, il a voulu ''entrer en dialogue avec tous (surtout avec les Scientifiques et les Politiques) au sujet de notre maison commune'' (LS : 3).

Ensuite, le deuxième profil qui se dégage de la personnalité de François est celle d'un Pape humaniste, amoureux et admirateur de la « nature naturante » (nature non transformée de Libniz). Car, l'existence humaine s'enracine dans la nature créée et, celle-ci est pour l'homme une source de vie, d'épanouissement et de bonheur. Pour cela, François ne veut pas parler de l'écologie sans évoquer le mystère de la création. Cette dernière est un don de Dieu. Par conséquent, elle appelle tous les créés à la fois à la louange et à la responsabilité. C'est à travers cette personnalité d'un Pape amoureux de la nature ou de l'écologie que François s'est fait l' « ami » et le « disciple » de l'héritage écologique de Saint François d'Assise (LS :10), un moine pionnier de la foi écologique dans l'Eglise catholique.

Enfin, la troisième personnalité du Pape rédacteur de l'Encyclique faisant l'objet de cette étude se constitue autour de son rang et de son statut. François est l'autorité'' et le premier ''responsable moral'' de l'Eglise catholique. En effet, comme toutes les autres Encycliques de ses devanciers, l'encyclique « Laudato Si » constitue une lettre pastorale. Elle renferme un ensemble d'exhortations morales et pastorales du Pape sur le problème d'actualité de notre humanité, à l'occurrence : la crise écologique qui frappe de plein fouet notre Planète et brule notre maison commune. Elle veut ainsi éveiller la conscience de tous les « fidèles de l'univers » et celle des « hommes de bonne volonté » afin de prendre bras le corps le défi de la durabilité de la biosphère et du péril de notre « mère terre ».

C'est autour de ces trois personnalités reconnues au Pape que nous établissons les éléments de diagnostic faits par ce dernier sur l'état des lieux écologique de notre Planète.

4.1 APPROCHE SCIENTIFIQUE DU DIAGNOSTIC DES PROBLÈMES ÉCOLOGIQUES

En réfléchissant avec d'innombrables scientifiques sur la question de la création et de son évolution, François reconnait ensemble avec eux l'existence d' « une crise écologique » planétaire. Dans l'encyclique, cette crise est diagnostiquée et symbolisée par des « blessures ». Et, il souligne que ce diagnostic fait sur les « blessures » subies par notre environnement résulte déjà de Benoît XVI. En effet, d'après son prédécesseur : *« Non seulement l'environnement naturel est parsemé de blessures (…), l'environnement social a lui aussi ses blessures* » (LS : 6).

Pour François, ces blessures de la nature sont dues à la « dégradation environnementale ». Voici comment cet auteur caractérise les différentes dégradations environnementales, facteurs de blessures physiques de notre Planète et de la détérioration de la qualité de la vie humaine.

SUR LE PLAN DE L'ÉCOLOGIE NATURELLE

Les dégradations de l'environnement naturel ou biophysique sont évidentes. Elles ont été observées et analysées par plusieurs scientifiques des sciences de l'environnement. Tout en étant de mèche avec eux, François évoque notamment les cas de : pollution multiforme, changement climatique, détérioration de la qualité d'eau, perte de la biodiversité, etc.

- La pollution multiforme (physique, chimique, biologique) : Elle dégrade la nature et ses divers biotopes (atmosphère, sols, eaux, etc.). Les sources de ces pollutions sont : les déchets (industriels, ménagers et agricoles), l'utilisation ou l'épandage d'intrants agricoles (fertilisants, insecticides, fongicides, désherbants, etc), les cheminées des habitations, la circulation automobile ou d'autres voies de communication (trains, bateaux, avions)….Cette pollution multiforme a des effets néfastes sur la santé humaine (emphysème, bronchite chronique, asthmes, gênes respiratoires, etc.), les plantes, les écosystèmes ou les biomes et la biosphère.
- Le changement climatique global : ce phénomène est occasionné par l'accumulation et la concentration des effets de gaz à effet de serre additionnels (dioxyde de carbone, gaz méthanes, et autres gaz). Actuellement, le changement climatique est à l'origine de plusieurs faits ou effets : la fonte des glaces, l'élévation du niveau des mers, la destruction des zones écologiques fragiles, les changements dans les régimes climatiques et l'apparition des phénomènes météorologiques extrêmes (inondations, la Niño, les sécheresses, la multiplication d'érosions pluviales et éoliennes), des effets sur l'agriculture et les risques de la famine, les effets sur la santé humaine, les migrations, etc.
- La détérioration de la qualité d'eau : les eaux douces sont des denrées rares. Elles sont limitées en quantité (moins de 2% des réserves mondiales) et en qualité. Le Pape fait constater que la qualité d'eau se détériore à cause d'exposition des sources d'eau potable (rivières, sources, nappes souterraines) aux pollutions. Les populations en risques d'inaccessibilité d'eau potable et de mauvaise utilisation d'eaux polluées sont surtout les pauvres.
- La perte de la biodiversité : le Pape est averti de la dégradation de la biodiversité et de l'extinction de certaines espèces. Pour lui, les moteurs de la perte de la biodiversité sont entre autres : la disparition de certains biomes à travers certains phénomènes (déforestation, steppisation), la pollution des écosystèmes aquatiques, agriculture sur brûlis, surpâturage, pillage des ressources naturelles (mondialisation, guerres et conflits armés), etc. Malheureusement, la dégradation et la perte de la biodiversité conduisent irréversiblement à une pauvreté durable.

D'après François, ces dégradations et blessures dues aux causes ou origines multiples provoquent à nos jours des « symptômes des maladies dans le sol, dans l'eau, dans l'air et dans les êtres vivants ».

AU NIVEAU DE L'ENVIRONNEMENT DE SYSTÈMES HUMAINS ET SOCIAUX

François a pu établir « la détérioration de la qualité de la vie humaine et la dégradation sociale ». En effet, l'environnement humain et social des habitants de notre planète sont devenus précaires. Les indices ou indicateurs sociaux symptomatiques de cette dégradation sont : la précarité de l'emploi et l'insécurité socioprofessionnelle (surtout en milieux urbains), l'éclosion de l'habitat ou d'agglomérations humaines urbaines non viables, l'accroissement de la pauvreté aiguë, le faible accès aux soins primaires, l'éclosion de diverses maladies, la forte prévalence de taux de la morbidité et de la mortalité, famine, rareté d'eau potable, faible accès à l'éducation, dysfonctionnement du système de transport collectif, croissance de l'analphabétisation, divisions, violences de tous genres (sexuelles, sociales) , guerres, injustice, égoïsme, etc.

Et, plusieurs méfaits liés à l'anthropocentrisme caractérisent la crise qui survient dans cet environnement. Il y a entre autres : la révolution technoscientifique, le libéralisme économique, le capitalisme sauvage, le l'hyperproductivisme, le productivisme incontrôlé et l'intellectualisme culturel moderne…

4.2 APPROCHE HUMANISTE DU DIAGNOSTIC DES PROBLÈMES ÉCOLOGIQUES

La nature, une œuvre de la création divine, est une valeur incommensurable de notre vie et de l'existence humaine. Du fait de la présence des blessures ouvertes qui constituent des empreintes écologiques indélébiles au tréfonds de notre environnement biophysique, du constat établi par le Pape, elles témoignent de la violence physique exercée à l'endroit de la nature.

D'une part, cela crée l'irrespect spirituel de la mère-nature et de la vie. Car, toutes les formes de la vie physiques sont portées par la terre et, elles y retournent lui restituer ses matériaux physiques et chimiques de base (cycle biogéochimique). Et pour le Pape en se référant en Rm 8, 22 et Gn 2, 7, il y a une méprise paradoxale de l'homme vis-à-vis de la terre. Il maltraite et opprime la terre tout en oubliant qu'il est poussière !

D'autre part, la violence pour la violence au nom de l'intérêt humain a atteint son comble avec notre civilisation technicienne. Elle est une source des conflits et, elle nous empêche une vie harmonieuse avec soi-même, avec la nature, avec les autres et avec Dieu. D'où, à cause de ses ''crimes écologiques'' perpétrés à répétition sur la nature, l'homme a détruit la Création. Il ne peut plus contempler la nature gêneuse et gracieuse avec la joie et dans la louange.

Malheureusement, en ce temps qui court, l'environnement est aux abois. Il crie (de souffrance), dit-il, « en raison des dégâts que nous lui causons ».

4.3 APPROCHE ÉTHICO ET RELIGIEUX DU DIAGNOSTIC DES PROBLÈMES ÉCOLOGIQUES

Au niveau de l'homme comme un gestionnaire de la nature, François met l'homme au cœur de multiples crises écologiques de notre Planète. En effet, dans la gestion du patrimoine, l'homme s'est imposé en « propriétaire » ou « dominateur » (LS : 2). Cette outrecuidance de l'homme dans l'exercice de son pouvoir est à la base de l' « utilisation irresponsable » et de l' « abus » des biens que Dieu a mis à sa disposition.

Aussi, sur le plan éthique, dans la vision anthropologique du François, « l'être humain est une créature de ce monde. Il a droit de vivre et d'être heureux, et surtout de connaitre une dignité éminente » (LS : 43). Le Pape est au regret que « l'humanité et l'ensemble de la création a été détruite par le fait d'avoir prétendu prendre la place de Dieu » (LS : 66). Le péché habite dans le cœur de l'homme et l'amène à détruire l'environnement naturel et humain. Pour expliciter cette pensée, en se servant du discours du Patriarche de l'Eglise Orthodoxe Bartholomée, voici ce que dit le Pape dans LS (8) à ce sujet :

« Que les hommes dégradent l'intégrité de la terre en provoquant le changement climatique, en dépouillant la terre de ses forêts naturelles ou en détruisant ses zones humides ; que les hommes portent préjudice à leurs semblables par des maladies en contaminant les eaux, le sol, l'air et l'environnement par des substances polluantes, tout cela, ce sont des péchés ».

Donc, pour ces deux représentants des Eglises catholiques romaine et orthodoxe, ce sont les péchés de tous ordres qui sont pointés aux racines éthiques et spirituelles des problèmes environnementaux.

5 DISCUSSION ENTRE L'ENCYCLIQUE ET LA PENSÉE ÉCOLOGIQUE DES SCIENTIFIQUES

S'il faut évaluer la possibilité de dialogue entre la pensée écologique du Pape défendue dans l'Encyclique et celle des Scientifiques en matière d'approche sur les crises et défis écologiques actuels du 21^{ième} siècle, de prime abord, nous pouvons dire qu'il n'y a pas de convergences entre ces formes de pensée écologique. En effet, le discours écologique du Pape est

religieux. Il est porté par «la Foi biblique au Dieu créateur » (LS : 96). En plus, les thèmes et le fond de questions écologiques abordés dans l'Encyclique sont fondamentalement religieux. D'ailleurs, pour bien nous fixer du fond religieux judéo-chrétien de ce discours écologique, voici indiqués quelques thèmes qui constituent les idées-forces de cette Encyclique, à savoir :

- La création par le « *logos*» (LS : 65 ; 66 ; 77 ; etc.) Et la nécessité de la préservation de « l'harmonie entre le Créateur, l'humanité et l'ensemble de la création » ;
- La mise en évidence de la dignité humaine (*imago Dei*) et la définition religieuse de la double mission écologique de l'homme : « Cultiver et Garder le Jardin » (cfr. Gn 2, 15), verset cité par LS : 67 ;
- L'institution du « sabbat » (LS : 71) pour honorer le Créateur et le respect des lois internes de la nature ou de la création (symboliser par le « repos ») afin de sauvegarder ''les délicats équilibres entre les êtres de ce monde'' (LS : 68) ;
- La négligence (LS : 70) et la désacralisation de la création par le péché identifié comme le moteur du « mal », de la méchanceté humaine (LS : 71) et de la destruction écologique : guerres, violences, maltraitance, abandon, agressions contre la nature (LS : 66) ;
- La coopération avec Dieu, la médiation du Christ et la présence de l' « Esprit Saint ou divin » (LS : 80) pour sortir l'être humain du mal ; etc.

Sans doute, avec la crise du dualisme créé par la modernité (séparation entre : foi et raison, matière=science et esprit=foi, nature et culture, religion et Etat, etc.) et celle de la laïcisation de problèmes de nos sociétés, il peut paraitre difficile pour certains Scientifiques d'accepter ce discours religieux écologique du Pape appuyé sur des vérités bibliques. Car, la science fonctionne avec ses propres vérités scientifiques incorporant des principes, et non sur la base de vérités de la foi.

A ce propos, le récit de la création, un texte symbolique et symbolisant l'écologie (Kabala, 1994) peut paraitre comme un argumentaire faible dans la défense des causes de l'écologie, du fait que les fondements scientifiques de ce récit sont mis en cause et divisent encore jusqu'à ces jours la communauté scientifique. Toutefois, sans porter préjudice à la raison, Raven, Berg et Hassenzahl (2009 : 14-15) nous indiquent qu'''il n'est pas exclue à tout homme de partir sur la base de la foi, de ses émotions ou intuitions personnelles afin d'analyser ou d'interpréter'' les « phénomènes naturels ».

Ainsi, suivant les considérations de ces auteurs, à l'instar du Pape, il est possible de partir des éléments la Foi en la création comme une grille d'analyse pour des problèmes écologiques scientifiques. Ici, il faut savoir que le Pape François n'a pas du tout démérité dans sa démarche. En effet, la science écologique est encore jeune et très complexe. Elle n'a pas encore révélé toutes ses « vérités cosmiques cachées » sur la nature. C'est pourquoi, en vue de sa meilleure réalisation, l'écologie s'est voulue être une « science de synthèse » (Duvigneaud, 1974) où il y a un entremêlement entre fondements religieux, approches de systèmes sociaux et principes politiques.

Du moins, toutes proportions gardées, les données de l'Encyclique nous ont révélé que le Pape a fait un bel diagnostic scientifique. Ce dernier s'inscrit avec pertinence dans les réalités de la crise écologique de notre temps. Cependant, étant donnée la cinétique et l'ampleur de la crise écologique actuelle, avec les mêmes lunettes diagnostiques utilisées par les Scientifiques, le Pape relève aussi pour sa part une origine anthropique de la crise écologique mondiale. Or, s'il faut faire une « évaluation totale » de toutes les crises environnementales existantes actuellement, il serait risqué de mettre l'homme au cœur de tous les problèmes écologiques qui se manifestent actuellement (Logique coupable de bouc émissaire !).

Rappelons que les autres domaines scientifiques (la thermodynamique des systèmes ouverts, physique du chaos, etc.), et surtout l'évolutionnisme darwinien dans les sciences biologique et écologique de l'environnement (Evolution des espèces, 1853), nous ont appris que les « incertitudes » sont au fondement des événements. En effet, sans un interventionnisme humain dans leurs causes, il y a de plus en plus une prolifération de catastrophes naturelles qui endeuillent l'humanité : tsunami, volcanisme, tremblement de terre, éboulements, érosions, crues et inondations, infestations d'insectes, etc.

Tous ces phénomènes séculaires de l'environnement naturel ou biophysique n'ont pas nécessairement l'homme comme un « auteur » provocateur de la nature. Et d'ailleurs, pour l'écologie naturelle, les cataclysmes sont bien sûrs des menaces ; mais, ces menaces sont bénéfiques pour la nature, parce qu'ils créent l'équilibre écologique au sein des populations en difficulté de survie pour des raisons de dépassement de « la capacité des charges ».

Toutefois, le succès de l'Encyclique est trop grand du côté de l'écologie humaine. Et contre toute entente, dans ce domaine de l'écologie, les discours du Pape qui ont une grande importante pour l'humanité sont d'ordre social (écologie sociale). Ici, le Pape rebondit sur l'équité et la « justice environnementale ». C'est une vérité biblique qui est émise par le Pape comme une alternative de la durabilité de notre Planète. En effet, émise par le Sommet de Rio I (1992), le Pape demande un nouvel engagement pour la justice environnemental. Une vérité qui n'est contredite par aucun Ecologue.

D'autres approches de l'écologie qui ont une grande valeur pour nos sociétés, elles concernent ces deux thèmes : la famille et l'éducation. S'agissant de la famille, elle est, pour le Pape François, une grande valeur, une ressource inégalée sur notre terre des hommes. Malheureusement, elle est en implosion avec la fragilité de notre environnement biophysique et humain. Il exhorte l'humanité à être solidaire avec nos familles. Car, la famille constitue en soi une source de « bonheur écologique ». Quant à l'éducation (écologique), elle constitue, de l'avis du Pape, un moyen privilégié pour affronter le combat écologique d'aujourd'hui e de demain. En effet, l'homme qui forme le centre de la création est dynamique et non statique.

C'est pourquoi, le Pape est tantôt dans la communication écologique scientifique tantôt en impasse. Mais, son mérite est d'avoir initié une approche holistique. Par cette dernière, il faut considérer que le discours du Pape est à la fois porté par le biocentrisme ou l'anthropocentrisme des Scientifiques. Au-delà de ce champ disciplinaire, le Pape conserve une vision théocentriste de la problématique de l'environnement planétaire et de ses crises. Et, à cause de sa Foi et de son statut, le Pape ne s'est pas empêché de prodiguer des conseils afin de revivifier l' « esprit écologie » tel que le souhaite Duvugneaud (1974). C'est cet esprit, selon l'Ecologue précité, qui caractérise le bon sens écologique, homologue de l'éthique de la responsabilité écologique.

D'où, cette analyse permet en définitive de reconnaitre que le champ de dialogue entre le Pape et les Ecologues est à fois étroit et large. Il est étroit, parce que son discours écologique est sous l'éclairage de la Foi. C'est une pensée qui est conduite par l'orthodoxie de la doctrine de l'Eglise sur la Création, la Rédemption ou le salut (d'où le titre : « Le regard de Jésus »), etc. Et, sous un autre registre, le Pape entretient un large dialogue avec les Scientifiques sur la nature de la crise écologique et son déploiement spatiotemporel. Il consolide ce dialogue en recommandant aux Scientifiques de développer le sens de la « collégialité » dans les prises de décisions. Pour le Pape, il est donc nécessaire de compter sur les « innovations scientifiques » pour résoudre les crises écologiques.

Néanmoins, en ce qui le concerne, le Pape a tout de même formulé quelques pistes de solutions pour résoudre les crises écologiques planétaires. Ces pistes sont revues au quatrième point de cette étude.

6 QUELQUES PISTES DE SOLUTIONS POUR REMÉDIER AUX CRISES ÉCOLOGIQUES PLANÉTAIRES

Dans le cinquième chapitre de son Encyclique, le Pape François propose quelques lignes d'orientation et d'action :

6.1 PISTE MORALE ET RELIGIEUSE

La crise écologique telle qu'elle apparait dans ses racines est une crise de « l'anthropocentrisme ». Pour le Pape, il convient de créer ou d'inventer d'autres normes ou systèmes normatifs (normativités alternatives) de nature altruiste susceptibles de réaliser dans son idéal le sens de limites infranchissables pour assurer la protection de la Terre. Pour ce faire, une « conversion morale » est nécessaire pour changer de « regards », d' «attitudes » et de « comportements » vis-à-vis de Dieu, de la nature et du prochain. En effet, notre relation avec Dieu, le prochain et la terre doit suivre la voie de la « sagesse des récits bibliques » en faisant usage de l'« amour».

Car, la création est pour lui de l' « ordre de l'amour ». Et, toute la pédagogie divine rappelée par le Pape pour une bonne éthique de la création est contenue dans la péricope suivante du Livre de la Sagesse : « Tu aimes en effet tout ce qui existe, tu n'as de dégout pour rien…'' (Sg, 11, 24). Ainsi, de l'avis du Pape, l'Amour est « la raison fondamentale de toute création'' (N° 67).

Et précisément, deux arguments soutiennent son point de vue sur la prééminence de l'Amour dans la création. D'un côté, il entrevoie chaque créature comme possédant en elle-même un rayon de la sagesse et, de l'autre côté, cette même créature se conçoit comme l'émanation d'une bonté infinie de Dieu (n° 69). D'où, compte tenu de ces deux caractéristiques de l'Amour, le Pape invite plutôt les hommes à « louer au quotidien le Dieu créateur et son œuvre de création» (Ps 136). En contre partie, du fait de son Amour infini pour tous les créés, Dieu récompense la louange humaine de son œuvre en s'ouvrant à lui et en le portant dans sa main avec tendresse et affection.

6.2 PISTES SOCIO-ÉCONOMIQUES

Le Pape recommande notamment d'intégrer les approches sociale et humaine dans l'approche écologique pour lutter en profondeur contre la cause de la dégradation de l'environnement naturel ou biophysique. En d'autres termes, toute l'écologie doit se transformer en une approche sociale intégrant la « justice sociale », l' « équité ». En effet, dit le Pape : « Quand on parle d'environnement, on désigne en particulier une relation qui existe entre la ''nature'' et la société qui l'habite'' (n° 139). Pour lui, il n'y a pas de crise séparée entre la nature et la société.

C'est pourquoi, le plus grand ennemi de l'environnement, c'est la « pauvreté », les « vulnérabilités socioéconomiques ». Ainsi, pour le Pape, l'on doit ''combattre intégralement la pauvreté (ou les vulnérabilités) pour rendre la dignité aux exclus et simultanément pour préserver la nature'' (n° 139). Sinon, le « cri des pauvres » va faire entendre le « cri de la terre ». D'où, le Pape plaide pour le triomphe de la « justice sociale». Il appelle à ''prendre soin et de la maison commune et de chacun de ceux qui l'habitent''.

De même, du côté de l'économie, il faut une « écologie économique » ou l' « éco-économie » (Brown, 2003) qui vise ''un processus de développement qui intègre la protection de l'environnement'' (n° 141). La « croissance économique » doit être respectueuse de la capacité des charges de notre environnement à soutenir le développement, afin de provoquer des « dommages à l'environnement ». L'économie doit être au service de l'homme et non l'homme au service de l'économie. Ainsi, l'éco-économie a pour mission l'«amélioration de la qualité de vie des humains ». Elle doit se concentrer spécialement sur les besoins des pauvres, des faibles et des vulnérables.

Car, ''Dieu a donné la terre à tout le genre humain pour qu'elle fasse vivre tous ses membres, sans exclure ni privilégier personne'' (Jean Paul II, Laborem exercens cité par le Saint Père François, n° 94). C'est pourquoi, le Pape souligne l'égale dignité économique des riches et des pauvres. Les droits humains doivent en faire une vertu de la vie économique. En effet, les « riches et les pauvres », les « petits et les grands » sont tous égaux devant les avantages économiques qui ont été générés par leurs sociétés. Ils doivent en jouir de façon juste et équitable. C'est pourquoi, l'accès à l'emploi rémunérateur, au logement décent, à l'éducation de qualité, aux soins de santé primaires, etc. sont autant d'apports nécessaires pour nos sociétés en vue du soutien de la qualité environnementale durable des espaces environnementaux de nos milieu.

L'on doit vite remédier aux problèmes de la « propriété privée », aux crimes économiques très accentués par la mondialisation pour un développement économique durable.

6.3 PISTES POLITIQUES

En gros, la piste politique réside dans l'amélioration de la « gouvernance politique», un facteur incontesté et incontestable de l' « écologie politique ». Il faudrait nécessairement améliorer la gouvernance environnementale internationale à travers un ''dialogue franc entre environnement et politique internationale''. Car, pour le développement durable mondial ou planétaire, le Pape nous oblige à « un projet commun », parce que nous vivons « un monde unique » (n° 164).

Pour le Pape, toutes les solutions aux crises environnementales doivent être résolues dans une perspective globale, holistique à cause de nos « interdépendances » entre sociétés, nations ou pays. Nous avons une Planète, nos problèmes sont communs et doivent nous réunir tous ensembles. C'est pourquoi, les mouvements écologiques nationaux ou altermondialistes doivent faire preuve d'une grande lucidité et clairvoyance pour lutter contre la mauvaise gouvernance environnementale mondiale.

Ainsi, l'écologie politique doit privilégier dans son approche : la lutte contre la corruption, les sens de la vigilance en appliquant les principes de la prévision (suppose la connaissance des effets et causes des dommages environnementaux à survenir) et la précaution (suppose l'ignorance des effets et causes des dommages environnementaux), la mise en œuvre du « principe de pollueur-payeur » pour décourager les mauvaises pratiques et encourager les mauvaises dans les mœurs environnementales de l'écologie du quotidien. Le Saint Père insiste sur le fait que le dialogue, la transparence et la solidarité soient privilégiés dans tous les processus de « prise de décision » de nature politique (n° 182-201).

6.4 PISTE CULTURELLE

Il faut savoir que la nouvelle culturelle ou la culture moderne de l'humanité est écologique. Celle-ci n'est pas un don. Elle s'acquiert par le processus de l' « éducation ». C'est ainsi que le Pape recommande une reformulation de l'éducation en vue de l'élaboration d'une nouvelle « conscience écologique », de convictions rénovées et le développement actuel d'attitudes et de formes de vie (n° 202). Les nouvelles perspectives du savoir-faire et savoir-être écologique reposent notamment sur : un renouveau de style de vie (mode de production et mode de consommation).

Egalement, la nouvelle éducation environnementale a pour mission de « réconcilier l' « humanité et l'environnement » en dénonçant entre autres les mythes de la modernité : progrès indéfini, concurrence, le consumérisme (valeur accordée à la consommation pour la consommation), etc. Cette éducation environnementale tant souhaitée par le Pape vise l'équilibre écologique ''avec soi-même, au niveau solidaire avec les autres, au niveau naturel avec tous les être etc. '' Elle s'évalue par sa capacité à fonder notre dignité (n° 213).

Pour le Saint Père, il faut une forte sensibilisation pour que l'humanité intègre le nouveau sens de l' « écologie intégrale » à tous les niveaux : familles, écoles, places publiques, églises, etc. En effet, l'éducation environnementale procure aux citoyens un nouveau pouvoir et un devoir, c'est-à-dire la responsabilité afin de conduire le destin de l'humanité en toute conscience et connaissance de cause. La jeunesse se doit de capitaliser les ressources de l'éducation environnementale pour le développement et la survie durables de notre Terre.

7 CONCLUSION

La révolution scientifique et technologique débuté depuis 1850 nous a fait croire que le monde évolue grâce à la science et la technique. Les crises environnementales d'origine anthropique et d'apparition récentes dans l'histoire de notre humanité sont venues estomper cette croyance. Elles nous révèlent, par contre, que la technoscience est une menace pour la survie de notre Biosphère. A la crise des systèmes biologiques, le Pape surajoute la crise environnementale sociale. Celle-ci, plus dangereuse, détruit à la fois les systèmes biologiques et humains.

Ainsi, l'Encyclique du Pape François que nous venons de présenter laconiquement dans le cadre de cet exposé constitue une « viatique éthico-spirituelle», c'est-à-dire une nourriture d'accompagnement éthique et spirituelle pour la concrétisation d'un monde actuel et futur équitablement viable pour tous. C'est cela le sens de la « convivialité » au quel le Pape nous convie tous pour une « écologie du bonheur » (Lambin, 2008).

REFERENCES

[1] Aguesse, P (1971), Clés pour l'écologie, éd. Seghers, Paris
[2] All Gore (1993), Sauver la planète terre, éd. Albin Michel, Paris
[3] Augier, H. (2008), Livre noir de l'environnement, Etat de lieux planétaire sur les pollutions, éd. Alphée, Monaco
[4] Barbault, R. (1990), Ecologie Générale, éd. Masson et Cie, Paris
[5] Beaux, JF. (1998), L'Environnement, éd. Nathan, Paris
[6] Beauchamp, A. (1993), Introduction à l'éthique de l'Environnement, éd. Nathan, Paris
[7] Dajos,R. (1980), Précis d'écologie, éd. Masson et Cie, Paris
[8] Dorier, E. (2006), Ville et Environnement, éd. Sedes, Paris
[9] Divingeaud, P. (1980), Synthèse écologique, éd. Doin, Paris
[10] François (2015), Laudato Si, La sauvegarde de la maison commune, éd. Médiaspaul, Kinshasa.
[11] Kalaora, B. (1998), Au-delà de la nature, l'environnement, éd. L'Harmattan, Paris
[12] Lambin, E. (2009), Une écologie du bonheur, éd. Le Pommier, Paris
[13] Lelo, F. (2008), Kinshasa Ville et Environnement, éd. L'Harmattan, Paris
[14] Musibono, D. (2012), Politiques toxiques et pollution de l'environnement mondial. Un suicide collectif, éd. ERGS – Kinshasa
[15] Munkuamo, R. (2016), Vulnérabilités environnementales et Résiliences urbaines à Kinshasa, Thèse de doctorat, UNIKIN
[16] Prieur, M. (1991) ; Droit à l'environnement, éd. Dalloz, Paris
[17] Ramade, F. (1989), Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des Sciences de l'Environnement, éd. Science internationale, Paris.
[18] Raven, P.H. (2009), Environnement, éd. De Boeck, Paris.
[19] Prieur, M (1991), Droit de l'environnement, éd. Dalloz, Paris.
[20] Sy Boubou (2012), Changements climatiques, dynamiques des milieux en crise de sociétés en Afrique de l'Ouest, éd. L'Harmattan, Paris.
[21] Tremblay, R. (1990), Vers une écologie humaine, éd. Mc Graw-Hill, Québec
[22] Vallée, A. (2002), Economie de l'environnement, éd. Du Seuil, Paris
[23] Recommandation HABITAT II (Istanbul, Turquie, 1996)
[24] Action 21 (1992), Janeiro
[25] Revue de l'Environnement en Afrique, ABIDJAN, 2008

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1269-1279
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Le projet Yabra dans le District de Yamoussoukro : Un modèle d'aménagement hydro-agricole à l'épreuve du temps

[Yabra Project in the Yamoussoukro District : A Sustainable Hydro-Agricultural Development Model]

ZOGBO Zady Edouard, KOUASSI Konan, and Narcisse ASSI KAUDJHIS

Département de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 plan Yabra is a group of hydro-agricultural development that led the ivoirian state in the seventies. This model of hydro-agricultural development granted the predominance to small familial exploitations in which most of operations were mechanized. More than 45 years after it was designed, it has seemed interesting to analyse if this model proved to be a good tool to the service of the agricultural putting into value of shallows and what ares the problems that have caused it putting into practice.

KEYWORDS: Hydro-agricultural development, Plan of development, Putting into value, Shallows, Yabra, District of Yamoussoukro

RÉSUMÉ: Le projet Yabra est un ensemble d'aménagements hydro-agricoles lancé par la SODERIZ, dans le cadre de la politique volontariste que menait l'Etat ivoirien dans les années 1970. Ce modèle d'aménagement hydro-agricole accordait la prééminence aux petites exploitations familiales dans lesquelles la plupart des opérations étaient mécanisées. Plus de quarante-cinq ans après son élaboration, il est apparu intéressant d'analyser si ce modèle s'est avéré être un bon "outil" au service de la mise en valeur agricole des bas-fonds et quels sont les problèmes qu'a posés sa mise en œuvre.

MOTS-CLEFS: Aménagement hydro-agricole, Projet de développement, Mise en valeur, Bas-fond, Yabra, District de Yamoussoukro.

1 INTRODUCTION

Dès l'indépendance, le gouvernement ivoirien lance une politique originale de développement fondée d'abord sur l'essor de l'agriculture d'exportation. Celle-ci doit fournir les devises nécessaires au développement des infrastructures et à l'industrialisation du pays. Cette politique, dont le succès est incontestable jusqu'à la fin des années 1970, est particulièrement originale pendant une période durant laquelle beaucoup d'Etats du Tiers-Monde sacrifient leur agriculture au développement industriel. Parallèlement, il est fait appel aux capitaux et techniciens étrangers afin de promouvoir l'industrialisation et de mener à bien toute une série de grands projets de développement. Le choix d'une politique fondée sur l'essor des cultures d'exportation et l'appel aux capitaux étrangers est, en apparence, contradictoire avec la promotion d'une agriculture orientée vers la satisfaction des besoins locaux et du marché intérieur. Mais, dès le début le gouvernement souligne l'importance qu'il accorde aux productions alimentaires. Le premier plan décennal insiste sur cet aspect : « Le problème vivrier, pour des raisons humanitaires, économiques et sociales, doit donc recevoir en priorité une solution. En fait ce n'est qu'après que le problème de la production vivrière aura été résolu qu'on pourra aborder les autres problèmes de la production agricole » [1]. Trois raisons

Corresponding Author: ZOGBO Zady Edouard

sont données pour justifier cet intérêt. Il s'agit, en premier lieu, d'assurer la nourriture des paysans ivoiriens et d'éliminer toute éventualité de disette, même locale. En outre, l'augmentation de la production vivrière doit permettre une économie de devises en réduisant les importations. Le 7 mai 1965, à Korhogo, au retour d'une visite officielle à Ouagadougou, le président Houphouët-Boigny lance : « il faut que le pays soit nourri au maximum par nous-mêmes, en évitant au maximum les importions. Nous devons produire nous-mêmes les denrées nécessaires (au marché national) ; il faut que notre pays soit équipé grâce à nos exportations. Les cultures vivrières, il nous faut les accroître considérablement elles aussi. Il nous faut les valoriser par nos industries et il nous faut exporter les produits de cette industrie ».

Par ce biais, le secteur vivrier se trouve inséré dans les choix fondamentaux de la politique économique ivoirienne : exporter pour acquérir des devises et industrialiser. Toutefois, si la nécessité d'un effort dans le domaine alimentaire est constamment soulignée depuis 1960, les modalités de l'action gouvernementale et la place assignée aux cultures vivrières dans la stratégie de développement national sont loin d'être uniformes au cours de la période. De l'indépendance jusqu'en 1963-1964, la Côte d'Ivoire se contente de poursuivre l'œuvre coloniale. Selon l'expression de [2] cité par [3] « le plan intérimaire 1960-63 n'était que le catalogue des actions entreprises avant l'indépendance ». Il faut ajouter que la période pendant laquelle les structures du jeune Etat se mettent en place est troublée politiquement; ce qui ne peut être favorable à l'application claire d'une stratégie de développement sur le moyen ou le long terme.

A partir de 1964 la situation change, avec la réorganisation du ministère de l'Agriculture et la mise en place d'un programme qui, dans ses grandes lignes, dure jusqu'à la fin des années 1970. La période est marquée par une volonté politique de promotion et de diversification de l'agriculture dans laquelle s'insère la production vivrière. Des sociétés de développement, les « SODE » doivent constituer « le fer de lance » de la modernisation et de la diversification agricole. La Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture en Côte d'Ivoire (SATMACI), créée dès l'époque coloniale, est chargée, à l'origine, de nombreuses productions, parmi lesquelles les cultures vivrières. Mais, bien vite, d'autres SODE sont mises en place, sur une base sectorielle, chacune ayant en charge la promotion d'une culture. En 1970, deux structures nouvelles ont la responsabilité de productions alimentaires destinées au marché national : la Société pour le Développement de la Riziculture (SODERIZ) et la Société pour le Développement des Fruits et légumes (SODEFEL). Deux sociétés de développement régionales intègrent à leur action des opérations sur les cultures vivrières : l'AVB chargée de l'aménagement de la région Centre, autour de la vallée du Bandama, et l'ARSO qui organise la mise en valeur du Sud-Ouest, région jusque-là délaissée.

Le riz est la culture vivrière privilégiée par les autorités. En effet, cette céréale reçoit plus de 90 % des investissements destinés aux productions alimentaires pendant la période. Entre 1966 et 1975, plus de 20 % des investissements agricoles lui sont affectés, avec des maxima en 1966 et 1969 respectivement 47 % et 39,5 % du total [4]. Dès le premier plan (1963-1970), l'accent est porté sur des méthodes intensives, s'appuyant sur l'irrigation, de préférence à une action sur la riziculture pluviale villageoise. Cette orientation est confirmée par la suite. Les raisons du choix sont multiples : sécurité accrue de la production, rendements élevés, possibilités de pratiquer plusieurs cycles de culture par an, potentiel irrigable important constitué par l'étendue des bas-fonds sur tout le territoire, absence de contraintes foncières dans la plupart des cas, puisque ces bas-fonds sont inutilisables pour d'autres cultures, etc. Ce programme s'accompagne de la mise en place, en aval, d'un système de contrôle de la commercialisation et de la construction de rizeries industrielles. Dans l'ensemble, c'est une option « lourde » qui est choisie. L'agriculture irriguée, nécessitant la création d'aménagements et l'utilisation d'intrants, est préférée à une action plus légère sur l'agriculture pluviale. Un système moderne, mais centralisé et coûteux de commercialisation et de transformation, est retenu, plutôt que de laisser au commerce privé et au décorticage artisanal le soin d'assurer l'approvisionnement des villes.

Les premières opérations agricoles sont lancées dans les années soixante, par la SATMACI, avec l'aide de la coopération taïwanaise. Pendant que la Société d'Etat est chargée de promouvoir la production, la Chambre de commerce d'Abidjan, intervenant par le biais d'un cartel d'importateurs agréés, est responsable du processus de commercialisation. A partir de 1970, avec la création de la SODERIZ, le programme prend un nouvel essor. Des prêts extérieurs, de différentes origines, permettent de multiplier les aménagements dans les bas-fonds, surtout dans le Nord, auxquels sont consacrés environ 68 % des investissements entre 1972 et 1978. De 1960 à 1975,76 % des fonds destinés au riz sont attribués à la culture irriguée, dont les superficies passent de 2000 ha en 1960 à plus de 17000 ha en 1975 [5]. C'est dans ce contexte que l'opération agricole de yabra a été mise en œuvre dans le District de Yamoussoukro.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATÉRIELS

Le matériel utilisé pour la collecte des données est essentiellement composé d'un carnet de prise de notes, de guides d'entretien, de fiches comportant une série de questions et d'un appareil photographique pour les prises de vue.

2.2 LA COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a combiné deux techniques. La première s'est basée sur plusieurs travaux antérieurs notamment de [6], [7], et de [8]. De plus, les statistiques agricoles ont été collectées auprès de l'Agence National d'Appui au Développement Rural (ANADER) et de la Direction Régionale du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER). Les informations recueillies ont été complétées par une enquête de terrain sur les différents périmètres aménagés dans le courant de l'année 2015. L'administration du questionnaire s'est appuyée sur les statistiques fournies par les Organisations Professionnelles Agricoles (OPA), les Groupements d'Intérêts Economiques (GIE) et l'ANADER. Nous avons, ensuite, confronté les listes afin de les mettre à jour et de nous assurer du nombre exact d'exploitants. En clair, il nous a fallu faire l'état des lieux sur les effectifs des exploitants. Par soucis de fiabilité, ces informations collectées ont été vérifiées lors d'entretiens groupés organisés avec les exploitants. Cet exercice nous a permis de dénombrer, au total, une population mère de 274 exploitants. Les exploitants limités à quelques dizaines par localité n'ont pas nécessité de recourir à un échantillon. Nous nous sommes donc proposés de retenir tous les exploitants de notre liste. L'enquête de terrain nous a permis également de faire des prises de vue qui servent de support visuel à ce travail.

2.3 LE TRAITEMENT DES DONNÉES

Le traitement des informations recueillies repose sur le dépouillement informatique du questionnaire et des guides d'entretien à l'aide du logiciel Spss 17. Word pour le traitement des textes, Excel a permis la réalisation des tableaux et ArcGIS 10.2 pour la cartographie.

Après le traitement des données, les résultats obtenus ont permis de l'étude retracer d'abord l'historique l'aménagement des bas-fonds dans le District de Yamoussoukro, présente ensuite le projet Yabra, met en évidence l'état de dégradation des infrastructures et enfin identifie les difficultés de mise en valeur des périmètres aménagés.

3 RESULTATS

3.1 LA SOCIÉTÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA RIZICULTURE ET L'AMÉNAGEMENT DES BAS-FONDS

Les périmètres rizicoles sont devenus nombreux dans les débuts d'intervention de la Soderiz, précisément à partir de 1971. Les premières opérations de développement de la riziculture irriguée, ont surtout concerné la zone des savanes, notamment la zone Bandama Solomougou, dans la région de Korhogo, précisément, dans la sous-préfecture de Tioroniaradougou, dans laquelle les opérations qui ne nécessitaient pas de défrichement important semblaient plus simples à mener. La Soderiz a élaboré, à cet effet, un plan de mise en valeur des bas-fonds. Elle a procédé à l'implantation de canaux primaires. Outre le plan d'aménagement, la Soderiz a effectué un levé de bas-fonds et défini le schéma d'aménagement. Ces espaces servaient aux paysans à pratiquer l'agriculture. Toutefois, dans le cadre de la mise en valeur des bas-fonds, le programme de développement agricole 1971-1976 avait concédé 20 % du financement au secteur rural de la riziculture. C'est, surtout, à travers ce programme exécuté par la Soderiz que la riziculture irriguée a connu un essor tout aussi relatif avec la mise en valeur des bas-fonds. Sous l'impulsion de la Soderiz, les aménagements ont essaimé sur l'ensemble du pays. L'action de la Soderiz a véritablement porté sur l'aménagement hydro agricole des périmètres et des bas-fonds. Cette action de la Soderiz, pour la mise en valeur, a permis, en 1972, de porter les surfaces aménagées avec une maitrise totale de l'eau, à 3420 hectares [9]. En 1973, les différents bas-fonds du pays étaient aménagés selon les normes communes adaptées éventuellement aux particularités des sites. Ceci a donné lieu à des études détaillées menées par la Soderiz pour mieux intervenir. L'irrigation consiste en de petits aménagements sur les bas-fonds, exploités auparavant en riz inondé, afin de rendre possible une maitrise partielle de l'eau et accroitre les surfaces cultivables. D'une part, l'eau est canalisée le long de son axe principal de façon à drainer le bas-fond. Pour les zones qui en sont éloignées, des canaux primaires partant du canal principal, sont creusés afin d'assurer leur alimentation. Il s'agit de petits ouvrages au fil de l'eau qui ne permettent pas une culture de saison sèche. Parallèlement aux travaux de répartition de l'eau, les parcelles sont ceinturées de diguettes.

Comme pour les rizières inondées, les sols sont aplanis. Les nombreux aménagements livrés, comportaient les ouvrages principaux, c'est-à-dire les prises d'eau, les canaux et les drains qui favorisent l'arrivée de l'eau dans les périmètres aménagés. La Soderiz avait implanté des blocs affectés à chaque paysan qui devait en réaliser les diguettes de casiers, planer ces casiers, ouvrir les canaux et drains terminaux et, enfin, dessoucher plus ou moins complément les casiers. Ces opérations représentaient un travail extrêmement important pour lequel la Soderiz a apporté son aide aux paysans de façon à leur permettre de mieux s'installer sur les surfaces aménagées. Tous ces espaces et bas-fonds aménagés par la Soderiz, devraient permettre une productivité accélérée du riz grâce à l'encadrement et la formation technique des paysans. C'est dans ce contexte que le District de Yamoussoukro a bénéficié dès l'indépendance de l'aménagement de nombreux bas-fonds (tableau 1).

Tableau 1. Dates de création des périmètres aménagés dans le District de Yamoussoukro

Nom des périmètres	Dates d'aménagement
Petit bouaké 1	1960
Petit bouaké 2	1968
Nanan	1970
Seman/Djamalabo	1972
Zatta	1972
Kpoussoussou/N'da Konankro	1972
Suibiakro	1973
Yabra	1974
Koriakro	1984

Source : Antenne régional ONDR, 2014

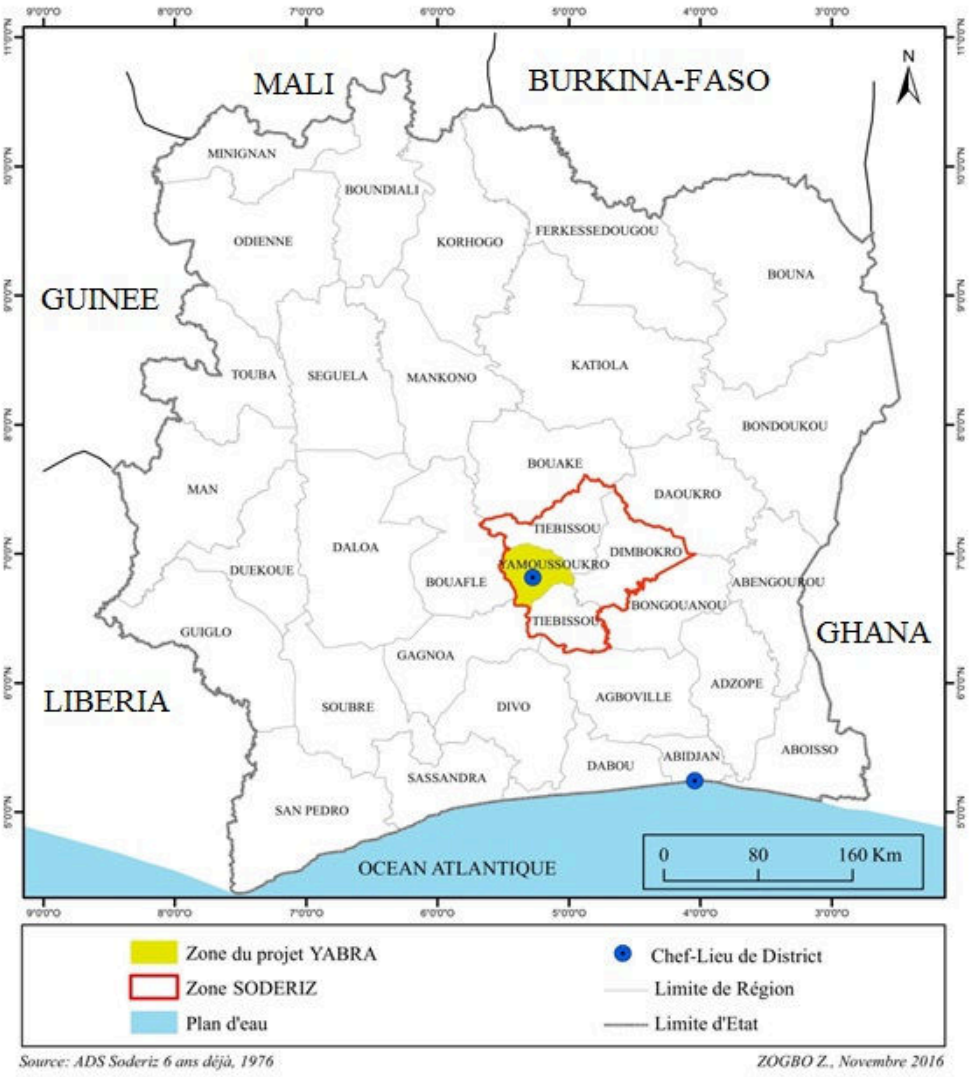
Les premiers aménagements de bas-fonds ont eu lieu dans les années 1960 (tableau 1). Ces aménagements ont concerné les bas-fonds de Petit bouaké 1 (1960) et de Petit bouaké 2 (1968). Ces opérations étaient le fait du de feu le président Houphouët Boigny qui accordait une place de choix à l'agriculture et notamment la riziculture. En dehors du bas-fond de Koriakro, les autres bas-fonds ont été aménagés dans la décennie 1970 dans le cadre du projet Yabra conduit par la Soderiz. Les dates de création de ces différents aménagements prouvent que l'exploitation des terres de bas-fonds dans notre espace d'étude a véritablement débuté au lendemain de l'indépendance surtout avec le projet Yabra.

3.2 LE PROJET YABRA : LES LIMITES D'UNE POLITIQUE D'AMÉNAGEMENT VOLONTARISTE

3.2.1 PRÉSENTATION DU PROJET YABRA

Piloté par la Soderiz, le projet « YABRA » est un vaste ensemble de sept (7) périmètres rizicoles aménagés autour de la ville de Yamoussoukro (carte 1) sur le bassin versant de la rivière « *Yaora* » et de la rivière « *Kpoussou* ». Cet ensemble est complété par l'aménagement de la plaine alluviale du fleuve Bandaman. Cette plaine est irriguée par une station de pompage installée sur le Bandama. Créée en 1972, l'opération Yabra a eu pour objectifs de réaliser un appareil de production rizicole à rendement élevé par rapport au coût de fonctionnement de l'opération. Ainsi quatre (4) principales options ont été arrêtées :

- Maîtriser l'eau dans une zone marginale où la pluviométrie est très instable ;
- Utiliser des variétés de riz à fort rendement ;
- Mécaniser toutes les opérations culturales ;
- Installer des jeunes agriculteurs ouverts à toutes les innovations du monde modernes de l'agriculture après leur formation.



Carte 1 : Zone d'intervention de la Soderiz et du projet Yabra

L'opération a démarré par la construction de barrage en cascade. Cette technique permet de stocker les eaux et de les recycler au fure et à mesure de leur utilisation. Ainsi, plusieurs périmètres ont été aménagés (tableau 2).

Tableau 2. Récapitulatif des périmètres aménagés

Périmètres	Surfaces dominées en Ha	Surfaces rizicultivables	Surfaces agricoles utiles restantes
Seman	90	45	45
Yaora	215	80	135
Zatta	85	50	35
Yabra	250	100	150
Plaine Alluviale	650	540	110
Nanan	40	35	5
Suibiakro	140	100	40
Total	1470	950	520

Source : N'Golo, 1985

L'ensemble des périmètres aménagés couvrent une superficie totale de 1470 ha. Sur ces 1470 ha, la plaine alluviale occupe une surface de 650 ha soit 44,22% des surfaces aménagés. Les bas-fonds représentent 820 ha soit 55,78% des surfaces aménagées. En outre, il ressort du tableau que ce sont 950 ha qui ont été mis en valeur soit 64,63% contre 35,37% non exploités. L'aménagement et l'exploitation d'un grand nombre de bas-fonds montrent l'intérêt que les pouvoir publics accordent à ces écotones au lendemain de l'indépendance. Ainsi, les investissements réalisés témoignent de la volonté des autorités politiques de parvenir non seulement à l'autosuffisance alimentaire afin de réduire les importations de riz mais également de combattre l'exorde rural par la création de paysans modernes. D'ailleurs, feu le président Houphouët-Boigny cité par [10] le dit si bien en ces termes : « *On ne combat pas l'exorde rural en interdisant l'accès des villes, mais en aidant les jeunes et les adultes à avoir sur place un égal accès à la dignité, au bien-être, à un habitat décent, à l'éducation, à la culture, à la santé et à connaitre eux aussi la joie de vivre* ». Ainsi, à partir de 1974, l'option a été prise pour la formation et l'installation des jeunes agriculteurs en leur offrant la possibilité de revenus de 50 000 f à 70 000 /mois sur la base de 2,5 ha a 3 ha par paysan et dans les conditions de prix d'achat de paddy de 75 f /kg avec un rendement moyen de 3500 kg/ha. La formation s'est faite en trois étapes et a duré dix-huit mois. Après ces dix-huit mois, les paysans sont installés sur un périmètre aménagé où chacun exploite une parcelle individuelle dans le cadre d'un groupement. Ainsi 750 jeunes ont été installés à Yabra, sous l'encadrement de la Soderiz.

3.2.2 DE LE SODERIZ À LA CIDT : UN DÉPART PROGRESSIF DES PAYSANS

A partit de 1977, avec la disparition de la Soderiz, l'encadrement est confié à la CIDT. Le cycle de production était désormais unique. Il n'y avait plus qu'une campagne par an. Dès lors, le mouvement connaît une baisse. Le jeune paysan qui était habitué à faire deux cycles et qui pouvait s'en sortir à nourrir sa famille, se trouve en difficulté. Face à cette situation, beaucoup de jeunes sont partis vers d'autres horizons (tableau 3).

Tableau 3. Evolution du nombre d'exploitants à Yabra

Années	Effectifs
1972	750
1977	150
1978	382
1984	144

Source : Fraternité hebdo, 1983 ; N'golo, 1985

Comme on peut le constater, l'opération yabra a commencé avec un effectif de 750 jeunes agriculteurs modernes. L'encadrement des jeunes agriculteurs était assuré par la soderiz et le calendrier cultural appliqué à la lettre. La possibilité de faire deux cycles de productions était garantie. Avec la dissolution de la Soderiz en 1977, les jeunes agriculteurs n'étaient plus que 150. Le départ des jeunes s'explique par un manque ou une insuffisance d'informations. C'est ce qu'a expliqué le chef de village des jeunes paysans de Yabra M KREKRE Jean, en son temps, en ces termes : *« Nous n'avons pas été toujours bien informé dans le sens qu'il fallait. Aux jeunes, on ne faisait pas prendre clairement consciences des avantages et des difficultés du métier agricole »* [11]. Certains jeunes étaient venus uniquement pour un profit immédiat. Avec l'arrivé de la CIDT à la tête de l'encadrement, de nouveau espoir naissent ce qui explique pourquoi le nombre d'exploitant est passé à 382 en 1978. Cependant il n'y avait plus qu'un seul cycle. En plus, le matériel agricole ne répondait plus au besoin du fait des pannes répétitives. Dès lors les rendements et les avoirs ont chuté. Au cours des campagnes de 1982-1983 et 1983-1984 ce sont respectivement 24 et 27% des producteurs qui ont un revenu négatif [12]. Ce qui entraine un endettement cumulatif étant donné que ces paysans doivent continuer à produire tant qu'ils n'ont pas déserté les aménagements. Face à une telle situation, le mouvement connait une baisse. C'est ce qui explique qu'en 1984 il ne reste que 144 exploitants. La réduction des effectifs justifie que 520 ha soit 35,37% sont restés non exploités (tableau 2). Parallèlement, les productions ont-elles aussi connu une baisse. Elles sont passées de 1223 tonnes au cours de la campagne 1977/1978 à 753 tonnes pendant la campagne 1984/1985 [13].

Au total, il importe que le projet Yabra a été l'élément catalyseur de l'exploitation des bas-fonds dans la région. Malheureusement, cet intérêt pour l'agriculture de bas-fond n'a été que de courte durée (5ans). Quarante-cinq années après sa mise en œuvre, que reste-il du projet Yabra ?

3.3 DES INFRASTRUCTURES HYDRO-AGRICOLES EN ÉTAT DE DÉGRADATION

La mise en place du projet Yabra à Yamoussoukro a été soutenue par la réalisation de nombreuses infrastructures hydro-agricoles ainsi que des logements cédés aux paysans dans le cadre de la location-vente. Environ quarante-cinq années après la réalisation de ces infrastructures, il importe de constater qu'elles sont vétustes. Que ce soit à Yabra, à N'zuessi (petit Bouaké), ou Suibiakro, il nous a été donné de constater lors de nos investigations l'état de dégradation ou le manque d'entretien de ces infrastructures. Plusieurs fermetures de vannes sont rouillées, donc inadaptées pour le contrôle de l'eau. Les ouvrages de prise et de régulation étant dégradés (photo 1), l'eau ne peut être correctement répartie et les tours d'eau sont de rigueur entre les canaux secondaires. Certains principaux canaux et drains sont obstrués de touffes d'herbes ou fendus, faute d'entretien, favorisant l'inondation des parcelles en période de crue. Par ailleurs la station de pompage (photo 2) de Yabra n'est plus qu'un souvenir. Les toitures du bâtiment, les machines et autres éléments servant à irriguer les parcelles ont été pillés.

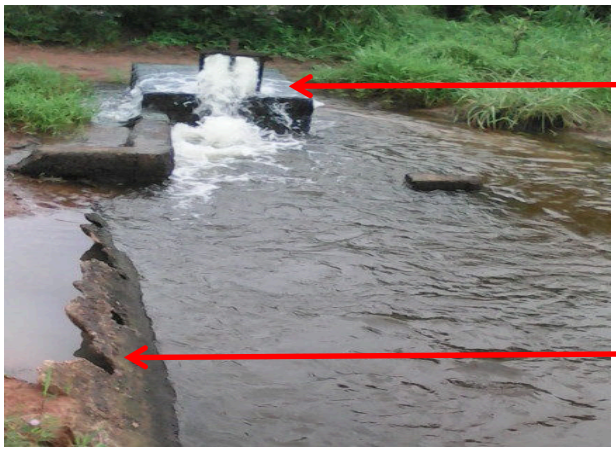


Photo 1 : Vanne et béton du canal d'irrigation dégradé à Yabra



Photo 2 : La station de pompage du périmètre Yabra

Source : Zogbo, 2015

La réalisation de ces infrastructures répondait à un besoin de maitrise totale ou partielle de l'eau afin de lever les contraintes agronomiques consécutives à l'exploitation des bas-fonds. Mais aujourd'hui, avec la vétusté des infrastructures, l'eau ne peut plus être correctement répartie. Ce qui ne garantit plus l'accès à l'eau pour les exploitants. Par ailleurs, les pannes observées au niveau des vannes et la dégradation des bétons des canaux ont pour conséquence une inondation précoce des parcelles les plus basses et un manque d'eau dans celles situées un peu plus haut.

3.4 LES DIFFICULTÉS LIÉES À LA MISE EN VALEUR DES BAS-FONDS DANS LE DISTRICT DE YAMOUSSOUKRO

La présente section aborde la question des pesanteurs qui inhibent une exploitation durable des ressources de bas-fonds dans le District de Yamoussoukro. Elle a permis d'identifier des contraintes de commercialisation, de faiblesse des prix d'achats,

la problématique de financement, de l'encadrement et de la faiblesse de transformation de certains produits comme le riz. Le tableau 4 récapitule ces difficultés.

Tableau 4. Récapitulatif des difficultés rencontrées par les exploitants dans le District de Yamoussoukro

Difficultés	Nombre de fois cité	Proportions (%)
Commercialisation	200	73
Faiblesse des prix	66	24
Financement	274	100
Encadrement	138	50,37
Faiblesse de la transformation du paddy	268	97,81

Source : Nos enquêtes, 2015

La difficulté majeure qui touche tous les exploitants (100%) est la question du financement (tableau 4). Ceci n'est pas étonnant dans la mesure où les coûts de production dans l'exploitation des bas-fonds sont très élevés pour les populations paysannes. A ce facteur s'ajoute le fait que 56,8% des pauvres vivent en milieu rural. Par conséquent, le financement des activités agricoles reste problématique dans le District de Yamoussoukro et partant de toute la Côte d'Ivoire. Ensuite, on constate que 73% des producteurs ont des difficultés à écouler leur production et 24% trouvent que les prix des produits sont faibles. A côté de ces contraintes se pose le problème de l'encadrement. 50,37% des exploitants restent sans encadrement. Enfin, 97,81% des producteurs ne transforment pas leur production. En raison de la diversité des contraintes, nous avons décidé de les analyser cas par cas.

3.4.1 LES CONTRAINTES DE COMMERCIALISATION ET LA FAIBLESSE DES PRIX DES PRODUITS DES BAS-FONDS

L'un des problèmes récurrents et majeurs qui se pose aux producteurs est la commercialisation de leurs produits. En effet, après la récolte, les exploitants rencontrent soit un problème d'acheteur soit un problème de prix. Ainsi les producteurs se retrouvent dans une situation d'incertitude quant à l'écoulement de leur production. Les producteurs enquêtés avouent rencontrer des difficultés dans la commercialisation de leurs produits. En effet, sur 73% des enquêtés estiment être confrontés à un manque d'acheteur pour écouler leur production. S'il arrivait de trouver un client, ces producteurs doivent faire maintenant face à un retard dans le paiement de leur argent lorsque les produits sont vendus à crédit. Contrairement à ces exploitants, 27% ne pas des difficultés de commercialisation. La situation de ces personnes se comprend aisément. En effet, ces exploitants sont ceux qui ont produisent dans le cadre d'un projet ou ceux qui ont bénéficié de préfinancement de la part d'un particulier. Dans ces conditions, la production est aussi tôt rachetée par le projet ou le bailleur.

Outre l'épineuse question de la commercialisation, 24% des producteurs ont évoqué la question de la fluctuation et de la faiblesse des prix. Cependant, lorsque nous avons ouvert le débat sur cette question, Tous les producteurs ont estimé de façon générale que les prix sont très bas compte tenu du prix des intrants qui sont très chers. Au niveau du riz par exemple, le paddy est vendu à 175 francs CFA dans 71% des localités. Ce prix baisse à 160 à Koriakro et Djamalabo. Ces localités sont relativement éloignées de la ville. Les paysans n'ont pas de moyens pour convoyer les produits vers la ville où il est plus facile de trouver des acheteurs. Par conséquent, ils attendent que les acheteurs viennent vers eux. La mobilité des prix s'explique aussi par la demande et l'offre. Les prix baissent quand les produits sont abondants sur le marché, c'est-à-dire au moment où le riz pluvial est récolté. Cette période part de juin jusqu'à septembre. Pendant cette période, le marché est inondé de paddy. En plus, certains acheteurs prennent les produits à crédit et payent à compte goute. Ce qui entrave la reprise des activités des producteurs. Au niveau des cultures maraîchères, c'est aussi le même constat. Les prix sont fonction des périodes. Les prix descendent souvent à 100 francs CFA le kg pour la tomate pendant la saison des pluies. Mais en contre saison, les prix sont plus intéressants. La fluctuation et la faiblesse des prix peuvent résulter aussi d'une stratégie des acheteurs afin d'avoir à vil prix la production. En effet, conscient de leur importance à ce niveau des choses, les clients jouent sur les prix des produits. De cette façon, le producteur qui doit faire face à un besoin immédiat et qui songe à reprendre le plus rapidement possible son cycle de production, se trouve dans l'obligation de brader sa production. Au total, la commercialisation des produits reste un problème majeur auquel les producteurs doivent faire face.

3.4.2 UNE INSUFFISANCE DE L'ENCADREMENT ET DE LA VULGARISATION

L'inertie des structures d'encadrement reste et demeure une problématique majeure du secteur agricole ivoirien et celui du District, en particulier. Or, pour la transmission de nouvelles pratiques de culture, un suivi régulier et une assistance

intensive sont essentiels [9]. En effet, la transmission d'un savoir-faire en matière d'agriculture de bas-fond est un facteur essentiel pour le développement de cette agriculture, surtout dans une zone comme le District où les populations rurales ne disposent pas de tradition en la matière. L'encadrement devient donc un élément important dans la diffusion de savoir-faire. S'il est vrai que la politique actuelle de l'Etat vise à réduire son intervention dans les opérations d'intervention et de vulgarisation au profit du privé et des organisations paysannes, force est de reconnaitre qu'au regard des objectifs d'autosuffisance alimentaire et de sécurité alimentaire, le maintien des structures étatiques dans la formation et le suivi des opérateurs ainsi que leur responsabilisation s'avère plus que nécessaire. Lors de nos investigations, il nous a été donné de constater que chez les paysans du District de Yamoussoukro, le principe d'intensification est la règle d'or dans l'exploitation des bas-fonds ; c'est pourquoi tous les enquêtés souhaitent être encadrés. Malheureusement, ce ne sont que 49,63% qui bénéficient d'un encadrement soit de la part de l'ANADER, soit du MINAGRI soit d'autres organismes comme l'ONDR ou Yaanovel. Les autres paysans sont laissés pour compte. Ces derniers occupent une proportion de 50,37% des exploitants enquêtés. Selon ces paysans, ils ne béneficient pas d'encadrement parcequ'ils ne sont pas dans des projets. Dans la logique, tous les paysans excerçant dans le cadre d'un projet devraitent bénéficier d'un encadrement. Mais sur le terrain, c'est seulement 56,06% des exploitants qui le sont encadrés contre 43,94%. En effet, les exploitants non encadrés justifient leur réponse par la rareté des visites des encadreurs. En prenant en compte la nationalité, il faut dire que 51,52% des ivoiriens sont encadrés contre 48,48% qui ne le sont pas. La proportion des encadrés baisse à 20% chez les non-ivoiriens contre 80%. Par le sexe, ce sont respectivement 47,66 et 72,73% d'encadrés chez les hommes et femmes contre 52,34 et 27,27% de personnes non encadrées. La faiblesse de l'encadrement et la raréfaction des visites d'encadrement trouvent leur explication dans l'insuffisance du capital humain d'encadrement et des équipements. En tenant compte des exploitants dans le cadre d'un projet, on dénombre deux (2) agents d'encadrement pour cent-dix (110 exploitants). Une autre explication est la distance qui sépare les différents bas-fonds sur lesquels exercent les exploitants encadrés. Le manque de véhicule fait que l'agent d'encadrement ne peut pas se rendre sur certains bas-fonds notamment les plus éloignés.

3.4.3 LA PROBLÉMATIQUE DU FINANCEMENT ET DE LIGNE DE CRÉDIT DE FINANCEMENT

Depuis l'indépendance, les appuis financiers à l'agriculture au sens large ont reposé essentiellement sur les budgets mis en place par l'Etat par transfert direct aux entreprises publiques ou aux collectivités rurales » et indirectement à travers la rétrocession des lignes de crédits agricoles gérés à la BNDA. Ceci a peu favorisé le développement d'un système de crédit susceptible de fonctionner de façon autonome. L'habitude des opérateurs à disposer de financement de l'Etat et d'une couverture publique des risques et le peu de sanction appliquée de la part de la BNDA ont entrainé de grandes difficultés dans le recouvrement des emprunts et une faible attitude de développement d'autofinancement. La Banque pour le Financement de l'Agriculture (BFA) sensée prendre le relais à partir de 2004 pour répondre aux problèmes de financement de l'agriculture, n'a pu jouer son rôle au point de se voir liquider dix ans plus tard. Aujourd'hui, la BNDA et la BFA en liquidation, il n'y a plus véritablement de structure d'intermédiation financière pour assurer la fonction de crédits. Or la conduite des activités nécessite un apport important de fonds d'investissement et de crédits de campagne. C'est pourquoi, tous les exploitants (100%) rencontrés ont posé comme problème le financement.

En l'état actuel des choses, les seules ressources pour le financement des initiatives dans les bas-fonds sont issues des ressources publiques ou privées sur projet. Les seules structures pour assurer leur distribution, leur gestion et leur recouvrement sont les organismes chargés administrer ces projets. Or, leurs rôles ne sont pas de gérer les crédits mais d'assurer l'encadrement technique des programmes. En plus, ces projets sont limités dans le temps. Il y a donc urgence à mettre en place un système de crédit adapté avec une gestion rigoureuse si nous voulons relever les défis de l'autosuffisance alimentaire et de la sécurité alimentaire.

3.4.4 LA FAIBLESSE DE LA TRANSFORMATION DU PADDY

L'un des problèmes qui mine l'activité agricole, en général, et en particulier, l'exploitation des bas-fonds est bien la faiblesse de la transformation des produits. En effet, sur le terrain, il nous a été donné de constater que la majorité des exploitants notamment les riziculteurs vendent directement leur production sans le blanchir. Sur les 274 qui produisent le riz, seulement 6 soit 2,19% des exploitants affirment blanchir une partie de leur production de riz. Ces derniers blanchissent tout au plus le tiers de leur production. Le reste des exploitants (268 soit 97,81%) vendent toute leur production en paddy. Cette situation trouve son explication dans deux faits. D'abord, au niveau de ceux qui sont financés par les projets, ces derniers sont tenus de vendre leur production au projet qui n'achète que les productions en paddy. Quant au second paramètre explicatif, il concerne ceux qui s'autofinancent ou qui empruntent du crédit. En effet, ces exploitants doivent d'une part s'acquitter des dettes et payer les frais de main d'œuvre. D'autre part, il leur faut de l'argent pour recommencer immédiatement le prochain cycle de production dont la première opération est le labour.

3.4.5 LE DYSFONCTIONNEMENT DES ORGANISATIONS DE PRODUCTEURS

Les organisations de producteurs qui sont censés défendre les intérêts des exploitants posent des problèmes de coopération et de fonctionnement. En effet, sur le terrain, nous avons constaté que les paysans adhèrent à une coopérative à la demande des projets de développement afin de bénéficier des retombées de ces projets. Lorsque les projets prennent fin, certaines coopératives n'existent que de nom c'est le cas des groupements Terre blanche de Yabra et de Coribksy. Par ailleurs, pour celles qui continuent leurs activités, les membres refusent de payer leur cotisation ou de vendre leurs produits à la coopérative. Le refus de vendre sa production à la coopérative s'explique par le fait que la coopérative achète les produits à un prix moindre que les acheteurs privés. De plus, s'il arrive que les paysans bénéficient d'un crédit par le biais du groupement, ces derniers refusent de rembourser. Un autre paramètre qui handicape le bon fonctionnement des groupements est la question de leadership. En effet, lorsque le mandat d'un président prend fin, ce dernier refuse de partir ou s'il accepte son départ, il crée un nouveau groupement d'exploitants. C'est le cas de la Coproriz à partir de laquelle est née deux autres organisations à savoir Entente et Scoop kpatra-n'zuessou.

4 DISCUSSION

Les aménagements hydro agricoles dans le District de Yamoussoukro date de l'indépendance à l'instar de nombreux autres [14]. 71% d'entre eux ont été réalisé au cours de la décennie 1970-1980 par l'Etat de Côte d'Ivoire dans le cadre du projet YABRA. Cependant, cette approche volontariste des grands aménagements s'est heurtée à de multiples difficultés. Ces difficultés ont de facto entraîné l'abandon progressif des périmètres. Ces résultats rejoignent ce de [15] trouvés dans le cadre du projet maraîcher de Marabadiassa. De 250 paysans au départ, les effectifs sont descendus à 180 durant la campagne 1983/1984 et à la fin de la campagne 1984/1985 les maraîchers n'étaient plus que 110. L'un des facteurs explicatifs de l'abandon des aménagements est l'état de dégradation des infrastructures selon [16]. Des constats similaires ont été révélés par [17], dans son étude sur la « *problématique de la riziculture dans la région de gbêkê* ». Cette étude a montré que la dégradation touche particulièrement les grands périmètres rizicoles qui constituent les fers de lance de la relance rizicole dans la région. Nommément, il s'agit des périmètres de la Loka à Sakassou (400 ha), M'bé 1 à Tabaco (150 ha), M'bé 2 à Yomien-Kouadiokro (120 ha) et Lokapli à Bamoro et Yébouékro (130 ha). La commercialisation du riz paddy est un problème majeur que cette étude a révélé. C'est d'ailleurs ce que soulignent [18] et [19]. Selon [20], dans beaucoup de pays en Afrique et en Asie du sud 50 à 80% des habitants ont un problème d'accès à des services de financiers adéquats. La situation n'est pas meilleure dans le cadre de la présente étude où tous les exploitants soulèvent le problème du financement de leurs activités agricoles. Tout comme les résultats de [21], la moitié des agriculteurs ont répondu qu'ils recevaient au moins une fois la visite des agents vulgarisateurs de plusieurs structures (ANADER, MINAGRI etc.). Enfin, comme le dit [22], certain germe de fragilité existe dès la naissance des groupements. Ce qui favorise le dysfonctionnement des organisations paysannes comme c'est le cas dans cette étude.

5 CONCLUSION

Conçu dans une phase d'expansion économique de la Côte d'Ivoire, le projet Yabra a connu un réel succès au lendemain de sa mise en œuvre. Les opérations étaient mécanisées et leurs coûts subventionnés par l'Etat ivoirien [23]. Les difficultés économiques et la dissolution de la SODERIZ vont changer les données. De deux cycles de productions, on passe à un cycle unique sous l'égide de la CIDT. De plus, certaines opérations mécanisées deviennent manuelles. Ce qui entraine l'abandon progressif des périmètres. Aujourd'hui, nombre d'équipements des différents périmètres sont en état de dégradation très avancé. Avec le nouveau contexte d'émergence dans le pays, des moyens conséquents doivent dégager afin de réhabiliter ces infrastructures. Il y a aussi matière à réorienter les politiques de mise ne culture de ces espaces. Il serait plus judicieux d'axer les efforts d'aide en faveur des paysans qui ont déjà pris l'initiative et qui ont donné les preuves de leur dynamisme.

RÉFÉRENCES

[1] MINISTÈRE DU PLAN, Plan quinquennal de développement économique, social et culturel 1976-1980, Abidjan, 671p, 1977.
[2] A. SAWADOGO, L'agriculture en Côte d'Ivoire, Paris, PUF, 367 p, 1977.
[3] J. L. CHALEARD, Temps de villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire, Paris, Karthala, 661p, 1996.
[4] J. L. CHALEARD, Temps de villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire, Paris, Karthala, 661p, 1996.
[5] J. L. CHALEARD, Temps de villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire, Paris, Karthala, 661p, 1996.
[6] D. N'GOLO, Note sur l'opération Yabra, Yamoussoukro, DMC/CIDT, 5p, 1985.
[7] Y. S. AFFOU, Installation des jeunes, relève paysanne et développement vivrier de la Côte d'Ivoire : (document de travail provisoire), Abidjan, ORSTOM, 41 p, 1987.
[8] J. L. CHALEARD, Temps de villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire, Paris, Karthala, 661p, 1996.
[9] ADRAO, Renforcement des capacités rizicoles des pays membres, 32p, 1976.
[10] D. N'GOLO, Note sur l'opération Yabra, Yamoussoukro, DMC/CIDT, 5p, 1985.
[11] FRATERNITE HEBDO, "Autosuffisance alimentaire : 1300 jeunes à installer en deux ans", Fraternité hebdo, n°1245 du 10 Mars, PDCI-RDA, pp. 14-15, 1983.
[12] Y. S. AFFOU, Installation des jeunes, relève paysanne et développement vivrier de la Côte d'Ivoire : (document de travail provisoire), Abidjan, ORSTOM, 41 p, 1987.
[13] D. N'GOLO, Note sur l'opération Yabra, Yamoussoukro, DMC/CIDT, 5p, 1985.
[14] J. C. DEVEZE, J. F JULIEN et V. PAPAZIAN, "Grands aménagements hydro-agricoles d'Afrique subsaharienne : poursuivre les évolutions institutionnelles" Cairn info, n° 205, pp. 193-203, 2003.
[15] J. C. DEVEZE, "Le projet maraicher de Marabadiassa (Côte d'Ivoire) : les limites d'une politique d'aménagement volontariste", Les Cahiers de la Recherche Développement Montpellier, CIRAD, pp. 140-148, 1987.
[16] J. C. DEVEZE, J. F JULIEN et V. PAPAZIAN, "Grands aménagements hydro-agricoles d'Afrique subsaharienne : poursuivre les évolutions institutionnelles" Cairn info, n° 205, pp. 193-203, 2003.
[17] K. T. S. U. YEBOUE, Problématique de la riziculture dans la région de Gbêkê, Thèse de doctorat unique, Bouaké, UAO, 335p, 2016.
[18] K. T. S. U. YEBOUE, Problématique de la riziculture dans la région de Gbêkê, Thèse de doctorat unique, Bouaké, UAO, 335p, 2016.
[19] J. L. CHALEARD, Temps de villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire, Paris, Karthala, 661p, 1996.
[20] BANQUE MONDIALE, Le financement pour tous ? politiques et écueils du développement, 2007. [Online] Available: http://www.Banquemondiale.org/publication/pub-landing.htm #finance-afrique (30 décembre 2018)
[21] JICA et JAICAF, Côte d'Ivoire : étude de collecte d'information dans le secteur agricole en Côte d'Ivoire, JICA/JAICAF, 236 p, 2013.
[22] D. DIAGNE et D. PESCHE, Les organisations paysannes et rurales : des acteurs du développement en Afrique sub-saharienne, Paris, Réseau GAO, 82 p, 1995.
[23] Y. S. AFFOU, Installation des jeunes, relève paysanne et développement vivrier de la Côte d'Ivoire : (document de travail provisoire), Abidjan, ORSTOM, 41 p, 1987.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1280-1292
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Adsorption du colorant textile Jaune 11 sur du charbon actif issu de la coque d'arachide

[Adsorption of the Yellow 11 textile dye on activated carbon from the peanut shell]

David Léonce KOUADIO[1], Moussa DIARRA[1], Bi Tra Dieudonné Tra[1], Djamètché Paul valery AKESSE[1], Baba Donafologo SORO[2], Kouassi Narcisse ABOUA[2], Ladji MEITE[2], Mamadou KONE[2], Ardjouma DEMBELE[3], and Karim Sory TRAORE[2]

[1]UFR Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

[2]UFR Sciences et gestion de l'Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
02 B.P 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie (LCAE),
Laboratoire National d'Appuie au Developpement Agricole (LANADA),
04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study consisted in optimizing the adsorption capacity of activated carbon from the peanut shell for the removal of the yellow dye 11 (CJ 11) in solution. The active carbons are derived from the peanut shells of the subspecies hypogaea (Arachis hypogaea ssp.hypogaea) of the Virginia type derived from Mankono and subspecies fastigiata (Arachis hypogaea ssp. fastigiata) of the Spanish type from Kani. and Séguela. Peanut shells underwent pyrolysis preceded by chemical impregnation with orthophosphoric acid. The analysis of the results indicates that for the preparation of an optimal activated carbon from the Virginia sub-species hypogaea (Arachis hypogaea ssp. hypogaea) from Kani, an acid concentration of 30% are required and carbonization temperature at 600 ° C for 3 h. This active carbon, which has a predominantly acid surface (92.7% of the total surface area), has an ash content of 3.1%, a degree of activation of 24%, an iodine value of 955.04 mg / g and a surface area of 706.92 m2 / g. The adsorption tests reveal that the Spanish-derived fastigiata (Arachis hypogaea ssp. fastigiata) derived from kani adsorbs the yellow dye better than the other two. And this adsorption capacity increases with the optimal conditions of preparation.

KEYWORDS: adsorption, peanut shells, yellow dye, activated carbon, adsorption capacity.

RESUME: Cette étude a consisté à l'optimisation de la capacité d'adsorption d'un charbon actif issu de la coque d'arachides pour l'élimination du colorant jaune 11 (CJ 11) en solution. Les charbons sont issus des coques d'arachides de la sous-espèce *hypogaea (Arachis hypogaea ssp. hypogaea)* du type *Virginia* provenant de mankono et de la sous-espèce *fastigiata (Arachis hypogaea ssp. fastigiata)* du type *Spanish provenant de de Kani et de Séguela.* Les coques d'arachides ont subi une pyrolyse précédée d'une imprégnation chimique à l'acide orthophosphorique. L'analyse des résultats indique que pour la préparation d'un charbon optimal à partie de la sous-espèce *hypogaea (Arachis hypogaea ssp. hypogaea)* du type *Virginia* provenant de Kani, il faut une concentration en acide égale à 30% et une température de carbonisation à 600 °C pendant 3 h. Ce charbon actif qui a une surface majoritairement acide (8,08 méq/g, soit 92,7% de la surface totale) possède un taux de cendre de 3,1%, un degré d'activation de 24% de, un indice d'iode de 955,04 mg/g et une surface spécifique de 706,92 m^2/g. Les essais d'adsorption révèlent que le charbon issu de la sous-espèce *fastigiata (Arachis hypogaea ssp. fastigiata)* du type *Spanish*

provenant de kani adsorbe mieux le colorant jaune11 que les deux autres. Et cette capacité d'adsorption augmente avec les conditions optimales de préparation.

MOTS-CLEFS: Adsorption, coques d'arachides, Colorant Jaune, charbons actifs, capacité d'adsorption.

1 INTRODUCTION

La communauté scientifique accorde de l'intérêt à la qualité de la vie sur la terre, c'est-à-dire à la préservation de l'environnement, qui est mise à mal par les rejets gazeux, liquides et solides générés par les catastrophes naturelles et les activités humaines **[1]**. C'est le cas des industries textiles qui génèrent de grandes quantités d'effluents fortement contaminés par des polluants en occurrence les colorants. Très dangereuses, ces substances se retrouvent dans l'environnement, particulièrement dans les cours d'eau sans un traitement préalable. L'impact de ces eaux trop colorées, de pH très variables, et à fortes demandes chimiques en oxygène (DCO) est ressenti par la faune et la flore appartenant aux écosystèmes où sont évacués ces rejets **[2]**. A cet effet, plusieurs techniques ont été employées pour le traitement des effluents industriels, parmi lesquelles on peut citer : l'adsorption. Ce qui a conduit à la production de charbon actif à partir de nombreuses matières végétales riches en carbone tels que : bois, écorce, pâte de bois, coques de noix de coco, coques ; de cacahuètes, noyaux d'olives, ou bien de houille, tourbe, lignite, résidus pétroliers, etc**. [3][4]**. L'avantage lié à l'utilisation de ces déchets sont nombreux et nous retenons **[5]** :

- La valorisation des agro-ressources en tant que matière première disponible, renouvelable et bon marché,
- La répercussion positive sur le prix de revient du ca obtenu,
- Un impact socio-économique certain sur les populations locales : création d'activités génératrices d'emploi et, dans la mesure du possible non polluantes,
- Un impact positif du point de vue écologique et environnemental.

Cependant, pour que l'utilisation de ces adsorbants devienne plus effective, les recherches se sont orientées vers l'étude des mécanismes régissant la fixation des molécules de colorants sur les grains (fibres) des adsorbants et de l'augmentation de la surface spécifique et des pores du charbon actif en agissant sur le mode préparation des adsorbants.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail de recherche dont l'objectif général est l'optimisation de la capacité d'adsorption de charbon actif issu de la coque d'arachides pour l'élimination du colorant jaune en milieu aqueux. Spécifiquement il s'agira de :

- Comparer la capacité d'adsorption de trois charbons actifs issus de trois espèces différentes d'arachide ;
- Déterminer les facteurs de production d'un charbon actif à capacité optimale d'adsorption,
- Caractériser et appliquer le charbon actif obtenu à l'élimination du colorant jaune

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 MATÉRIELS DE LABORATOIRE

L'appareillage comprend : une étuve de marque Memmert, une balance Denver Instrument S-602, un four à moufle de marque Nabertherm, des agitateurs magnétiques Hanna instruments, un pH-mètre de marque Hanna, un spectrophotomètre de marque AL 800 Aqualytic.

Les réactifs utilisés sont : l'acide phosphorique (H_3PO_4) de pureté 85%, l'iodure de potassium de pureté 99-100,5% ; l'acide sulfurique de pureté 95-98% ; l'iodine de pureté 99,8-100,5% ; le thiosulfate de sodium de pureté 100% ; l'acide acétique de pureté 98% ; les grumeaux d'hydroxyde de sodium de 100 % ; l'acide chlorhydrique (HCl) 0,1N de pureté 98%. Ces produits commerciaux sont pour la plupart fournis par Panreac, Prolabo et Expertise chimique sarl.

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé est la coque d'arachide ou *Arachis hypogaea* (légumineuse originaire de l'Amérique du nord) du fait de sa disponibilité locale en grande quantité. Ces coques proviennent de trois villes du nord de la Côte d'Ivoire : Mankono, Séguela et Kani représentant trois variétés différentes de coques. Les coques d'arachides de Mankono sont issues

de la sous-espèce *hypogaea (Arachis hypogaea ssp. hypogaea)* du type *Virginia* et les coques d'arachides de Séguela et Kani sont issues de la sous-espèce *fastigiata (Arachis hypogaea ssp. fastigiata)* du type *Spanish.*

2.3 MÉTHODE

2.3.1 PRÉPARATION DU CHARBON ACTIF ISSU DES TROIS VARIÉTÉS DE COQUES

Les coques d'arachide sont lavées (élimination de résidus) puis séchées 75°c pendant trois jours. Ensuite, une quantité de ce matériau est préalablement découpée en petits morceaux et imprégnée dans une solution d'acide orthophosphorique à 10% pendant 24 heures suivi d'un séchage à l'étuve à 75°C durant 72h. Une fois séché, le matériau subit une pyrolyse à 450^0C pendant 1 heure 30 min. Après calcination, le charbon obtenu est refroidi et rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une eau de rinçage de pH compris entre 6 et 7 puis séché à nouveau à l'étuve à 75°C durant 72h. Enfin, le charbon est broyé à l'aide d'un mortier puis tamisé pour homogénéiser la taille des particules.

2.3.2 PRÉPARATION DU CHARBON ACTIF OPTIMISÉ ISSU DE LA COQUE D'ARACHIDE DE KANI

2.3.2.1 OPTIMISATION PAR LES PLANS D'EXPÉRIENCES

❖ Choix des facteurs

La capacité d'adsorption d'un charbon actif dépend de nombreux facteurs et des conditions de sa préparation **[6].** Dans le présent travail, trois (3) facteurs ont été pris en compte dans le cadre du plan d'expériences. Il s'agit : de la teneur en agent d'activation chimique, la durée de pyrolyse et la température d'activation. Le choix de ces facteurs se justifie par l'importance de leur influence sur le pouvoir adsorbant lors de la préparation d'un charbon actif **[7].**

❖ Domaine expérimental

Les domaines expérimentaux des facteurs variables sont définis dans le **tableau VII**. Pour étudier l'effet de différents facteurs sur la qualité des charbons actifs obtenus, nous avons choisi comme réponse (Y) la capacité d'adsorption d'iode (mg/g).

Tableau 1. Domaine expérimental

Facteurs	**Niveau bas (-)**	**Niveau haut (+)**
Température d'activation (X_1)	400°C	600°C
Concentration en acide (X_2)	10%	30%
Durée de calcination (X_3)	1h	3h

❖ Construction de la matrice d'expériences

La matrice d'expériences est le tableau qui indique le nombre d'expériences à réaliser avec la façon de faire varier les facteurs et l'ordre dans lequel il faut réaliser les expériences.

Dans le présent travail, avec trois (3) facteurs, la matrice d'expériences factorielle complète est formée de 2^3= 8 combinaisons décrites dans le **tableau VIII.**

Tableau 2. Matrice d'expériences factorielle 2^3

Essai	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

❖ Matrice des effets

La matrice des effets servant au calcul des coefficients du modèle, s'obtient en ajoutant à gauche de la matrice d'expériences, une colonne ne contenant que des +1, correspondant à la variable X_0. Les autres colonnes qui correspondent aux interactions des différents facteurs s'obtiennent en effectuant le produit ligne à ligne des colonnes des facteurs correspondants.

❖ Calcul des coefficients du modèle

Chaque coefficient se calcule en prenant la somme des réponses, chacune d'elles étant affectée du signe de la colonne correspondante à ce coefficient, divisé par le nombre d'essais.

2.3.2.2 PRÉPARATION DU CHARBON ACTIF

Les coques d'arachide sont lavées (élimination de résidus) puis séchées à 75°C pendant trois jours. Ensuite, une quantité de ce matériau est préalablement découpée en petits morceaux et imprégnée dans des solutions d'acide orthophosphorique à 10% ou 30% pendant 24 heures suivi d'un séchage à l'étuve à 75°C durant 72h. Une fois séché, le matériau subit une pyrolyse à 400 ou 600^0C respectivement pendant 1 ou 3 heures. Après calcination, le charbon obtenu est refroidi et rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une eau de rinçage de pH compris entre 6 et 7 puis séché à nouveau à l'étuve à 75°C durant 72h. Enfin, le charbon est broyé à l'aide d'un mortier puis tamisé pour homogénéiser la taille des particules.

2.3.3 CARACTÉRISATION DU CHARBON ACTIF

L'issue du processus d'optimisation des conditions de préparation de charbons actifs par le plan factoriel complet, on a obtenu un charbon actif CA_{opt} de capacité d'adsorption (indice d'iode) optimale dans le domaine expérimental défini. Des tests physico-chimiques ont été faits sur ce charbon préparé pour apprécier sa qualité et sa performance. Dans cette étude, on a déterminé le degré d'activation, le taux de cendre, la capacité d'adsorption, la surface spécifique, fonction de surface et la porosité par Microscope Electronique à Balayage (M.E.B).

2.3.3.1 DEGRÉ D'ACTIVATION

Le rendement est une caractéristique quantitative importante pour les charbons actifs. Elle traduit la perte de masse lors de la pyrolyse. Cette perte de masse indique le degré d'activation habituellement appelé burn-off **[8]**. L'expression du rendement massique est donnée par la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{masse\ initiale - masse\ finale}{masse\ initiale} \times 100$$

2.3.3.2 TAUX DE CENDRE

Le taux de cendre est le critère utilisé pour déterminer le taux en matière minérale contenue dans les matières végétales. Il dépend du traitement subi par la matière **[9]**. Il est déterminé de la manière suivante :

Dans un creuset sec de masse m_0 on place 1g de charbon actif et on pèse m_1. Le creuset est ensuite placé dans un four à 650°C pendant 3 heures jusqu'à obtention de la cendre. Après refroidissement on pèse m_2.

Le taux de cendre se détermine à partir de la formule :

$$\mathbf{CT}(\%) = \frac{\mathbf{m_2 - m_0}}{\mathbf{m_1 - m_0}} \times \mathbf{100}$$

2.3.3.3 INDICE D'IODE

L'indice d'iode est une des méthodes permettant de mesurer la capacité d'adsorption d'un charbon **[10]**. Il est déterminé selon le protocole suivant :

Dans un bêcher de 100 mL, on pèse environ m = 0,5 g de charbon préalablement séché à l'étuve à 110°C pendant 24 h auquel on ajoute 20 mL de la solution d'iode à 0,02 N. Le tout est agité pendant 5 mn. Le mélange est filtré sur papier filtre

sans cendre et on prélève 10 mL du filtrat que l'on met dans un erlenmeyer. A partir d'une burette, du thiosulfate de sodium de concentration 0,1 mol. L^{-1} est versé dans l'erlenmeyer contenant le filtrat jusqu'à la décoloration totale de la solution ; soit V_{thio} le volume en mL de thiosulfate juste nécessaire **[11].**

L'indice d'iode est donné par la relation suivante :

Indice d'iode (mg/g) = 25, 4× (20 -V_{thio}) /m

2.3.3.4 SURFACE SPÉCIFIQUE

La détermination de la surface spécifique a été faite selon la méthode de l'acide acétique, basée sur l'adsorption de la molécule d'acide acétique **[12].** Le protocole est le suivant :

Dans des erlenmeyers, on met une masse (m) de 1g de charbon et un volume d'environ 50 ml d'acide acétique de concentration initiales C_i variable, 0,02 ; 0,05 ; 0,1 et 0,15 mol. L^{-1} y est ajouté. Ces erlenmeyers sont ensuite fermés puis agités régulièrement pendant 1 h. Le mélange est laissé au repos durant 1 h avant d'être filtré. Après la filtration, un volume de 10 mL de la solution filtrée est titré par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 mol. L^{-1}, ce qui permet de connaitre la concentration à l'équilibre C_e.

La capacité d'adsorption du charbon à l'équilibre Q_e (mol/g) est donnée par :

$$\boldsymbol{Q_e = \frac{(C_{i-C_e}) \times V}{m}}$$

Avec V, le volume d'acide acétique versé dans chaque erlenmeyer, en Litre.

Pour déterminer la surface spécifique S_L(m^2/g), on écrit l'équation de Langmuir sous la forme linéaire suivante :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{C_e}{Q_0} + \frac{1}{K_L \times Q_0}$$

Où

Q_0 : capacité maximale d'adsorption

K_L : constante de Langmuir liée à la température et au système adsorbant-adsorbat.

On peut alors déduire respectivement Q_0 et K_L à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de la courbe Ce/Qe=f(Ce). La connaissance de Q_0 permet de déterminer la surface spécifique à travers l'équation suivante :

$S_L = N_A \times S \times Q_0$

Avec :

N_A : nombre d'Avogadro (6,022 10^{23} mol^{-1})

S : aire occupée par la molécule de l'acide acétique (21$Å^2$).

2.3.3.5 ANALYSE PAR LE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE (MEB)

La microscopie électronique à balayage (MEB) est une technique de microscopie électronique basée sur le principe des interactions électrons-matière capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon. Le principe du MEB consiste en un faisceau d'électrons balayant la surface de l'échantillon à analyser qui en réponse réémet certaines particules. Ces particules sont analysées par différents détecteurs qui permettent de reconstruire une image en trois dimensions de la surface. L'outil utilisé dans le cadre de ce travail est le MEB/EDS à Pression Variable de la D.C.A.R. (MEB FEG Supra 40 VP Zeiss). Ce MEB est équipé d'un détecteur de rayons-X (OXFORD Instruments) relié à une plateforme de microanalyseur EDS (Inca Dry Cool, sans Azote liquide).

2.3.3.6 FONCTION DE SURFACE

Les fonctions de surface ont été déterminées par la méthode de Boehm **[13]** basée sur le dosage de chaque type de fonction (acide ou basique). Les fonctions carboxyliques, lactones et phénols sont dosées avec des bases de force croissante ($NaHCO_3$, Na_2CO_3, NaOH). La basicité totale est déterminée selon le même principe, avec de l'acide chlorhydrique HCl. Le protocole expérimental se présente comme suit:

- 0,5 g de charbon actif sec est mis en contact avec 50 mL de chacune des solutions aqueuses à 0,1 M de $NaHCO_3$, Na_2CO_3, NaOH et de HCl. Chaque solution est agitée pendant 24 heures, afin de s'assurer qu'un maximum de groupements de surface du charbon actif a réagi.
- Après filtration, on dose par pH-mètrie (dosage en retour) chacune des cinq solutions. Les solutions basiques sont dosées par l'acide chlorhydrique 0,1 M, la solution acide par la soude 0,1 M.

2.3.4 PROCÉDURE D'ADSORPTION

Les essais d'adsorption ont été menés en réacteur batch, une quantité de 0,5 g de charbon actif a été mise en contact avec un volume de 25 mL de la solution de colorant dont la concentration initiale est égale à 250 mg/L. A la température ambiante, le mélange est agité à la vitesse de 150 rpm à l'aide d'un agitateur et à des temps variant de 5 min à 180 min (5 ; 8 ; 10 ;15 ; 20 ; 30 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 120 ; 140 ; 160 ; 180 min). L'absorbance de la suspension obtenue après centrifugation est mesurée au spectrophotomètre UV-Visible, ensuite la concentration résiduelle Cr du colorant est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage. Le taux d'adsorption du colorant sur le CA est obtenu par :

$$\text{Taux d'adsorption (\%)} = \frac{C0 - Cr}{C0} \times 100$$

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 COMPARAISON DE LA CINÉTIQUE D'ÉLIMINATION DES COLORANTS JAUNE ET BLEU PAR LES CHARBONS ACTIFS CAM, CAS ET CAK

Afin de choisir l'espèce de coques d'arachides la mieux adaptée à l'élimination des colorants (Jaune et bleu), l'on a étudié le comportement des CAK, CAM et CAS placées en suspension. Les **figures 5** indiquent les résultats que l'on a obtenu.

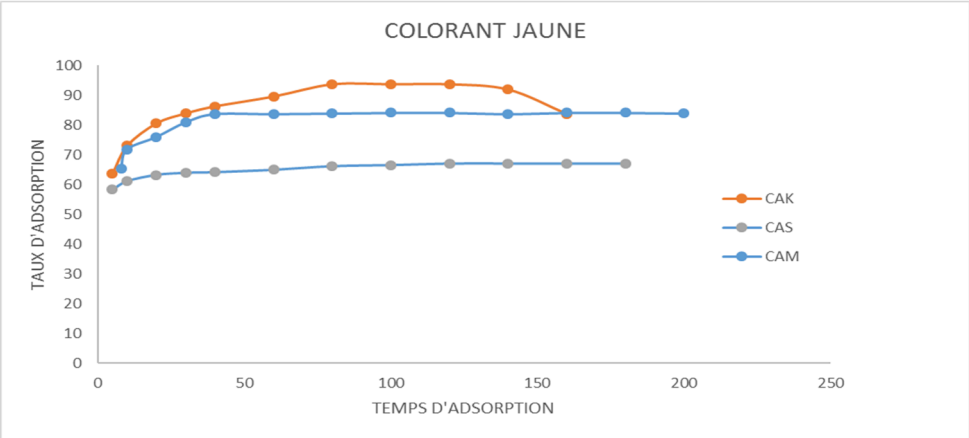


Fig. 1. Temps d'équilibre du colorant jaune

La Figure 5 présente l'évolution du taux d'adsorption du colorant jaune sur trois charbons actifs (CAK, CAM et CAS) en fonction du temps. L'équilibre est atteint à partir 80 minutes.

L'évolution des courbes de rétention des charbons actifs comprend trois phases. L'on note une première phase très rapide, puis d'une seconde de rapidité moyenne, pour enfin aboutir à un palier de saturation. **Monarez (2004)[14]** explique le phénomène par l'existence d'une première étape d'adsorption de colorant sur des sites facilement accessibles, suivie d'une diffusion moléculaire de ces colorants vers des sites d'adsorption moins accessibles avant d'atteindre un équilibre d'adsorption où tous les sites sont occupés.

Des résultats, l'on pourrait observer que le taux de décoloration du colorant jaune atteint dans cette expérience est de 93,79% pour le CAK, de 84,2% pour le CAM et de 66,2% pour le CAS. Le charbon CAK adsorbent mieux que les charbons actifs

CAS et CAM. Ces différences de capacité d'adsorption sont expliquées par une différence au niveau de l'aire spécifique et de la porosité qui interviennent au niveau du nombre de sites d'adsorption disponible ainsi qu'au niveau de l'accessibilité aux sites **[15]**. Pour la suite, l'on utilisera les coques d'arachides de Kani pour l'étude.

3.2 PARAMÈTRES D'OPTIMISATION DU CHARBON ACTIF

3.2.1 ETABLISSEMENT DE L'ÉQUATION DU MODÈLE

Une équation du modèle a été établie dans le but d'analyser la corrélation entre les variables (température de carbonisation, concentration en agent activant et durée de carbonisation) et la réponse (indice d'iode). Trois essais au centre du domaine ont été réalisés, pour déterminer l'erreur expérimentale et aussi pour la reproductibilité de chacune des expériences. La matrice d'expérience et des réponses est donnée dans le **tableau X** ci-dessous.

Tableau 3. Matrice d'expérience et des réponses

Essai	X_1	X_2	X_3	Y(mg/g)
1	-1	-1	-1	873,76
2	+1	-1	-1	838,20
3	-1	+1	-1	934,72
4	+1	+1	-1	899,16
5	-1	-1	+1	914,40
6	+1	-1	+1	833,12
7	-1	+1	+1	955,04
8	+1	+1	+1	944,88

Toutes les réponses ont été utilisées pour développer une équation du modèle linéaire avec interaction d'ordre deux entre chaque réponse et les trois variables codées. Ce modèle s'écrit sous la forme suivante ;

$$Y=b_o+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3$$

Les estimations et les statistiques des différents coefficients du polynôme sont présentées dans le **tableau XI**. Le test de significativité de chaque coefficient du modèle a été exécuté en considérant qu'un coefficient est statistiquement significatif si sa valeur absolue est supérieure à deux fois l'écart-type **[16].**

Tableau 4. Estimation et statistiques des coefficients

Nom	Coefficient	Ecart-type
b_0	899,16	5,86
b_1	-20,32	5,86
b_2	34,29	5,86
b_3	12,7	5,86
b_{12}	8,89	5,86
b_{13}	-238,76	5,86
b_{23}	104,0	5,86

L'équation du modèle complet s'écrit :

$$Y = 899{,}16 - 20{,}32X_1 + 34{,}29X_2 + 12{,}7X_3 + 8{,}89X_1X_2 - 238{,}76X_1X_3 + 104X_2X_3$$

L'analyse du tableau montre que les trois facteurs ont une influence significative sur la capacité d'adsorption des charbons préparés. En effet, on note qu'en valeur absolue, les coefficients principaux sont tous supérieurs à deux fois la valeur de l'erreur-type expérimentale (11,72). Par ailleurs, les effets d'interaction (X_1X_3 et X_2X_3) sont significatifs sur l'adsorption. En définitive, l'équation de la capacité d'adsorption en fonction des différents facteurs est indiquée par le modèle mathématique :

$$\boldsymbol{Y = 899{,}16 - 20{,}32X_1 + 34{,}29X_2 + 12{,}7X_3 - 238{,}76X_1X_3 + 104X_2X_3}$$

3.2.2 DÉTERMINATION DES VALEURS DES PARAMÈTRES D'OPTIMISATION DU CHARBON ACTIF CAK

3.2.2.1 INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE CARBONISATION

Lorsque la température d'activation passe de 400°C à 600°C, la capacité d'adsorption diminue de 40,64 mg/g ($2 \times b_1$). Il ressort ainsi qu'une élévation de la température entraine une diminution de la capacité d'adsorption du charbon actif. Ceci serait dû au fait que la coque d'arachide est un matériau moins dense et de texture plus friable **[17]**. En effet, en comparant la capacité d'adsorption de la noix de coco, du bois d'eucalyptus et la coque d'arachide, **Gueye (2015)[7]** a mis en évidence l'augmentation de la capacité d'adsorption du charbon actif issus de la noix de coco et du bois d'eucalyptus par une élévation de la température de pyrole, au contraire de la coque d'arachide moins dense que les deux autres matériaux. Ces résultats sont également en accord avec ceux trouvés par **Sido-Paabyan *et al*, (2009) [17]**.

3.2.2.2 INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN AGENT ACTIVANT (H_3PO_4)

Lorsque la concentration en acide phosphorique passe de 10% à 30%, la capacité d'adsorption augmente de 68,58mg/g. En effet, l'augmentation de la concentration en H_3PO_4 favorise une élévation de l'indice d'iode. Cette assertion est soutenue par certains auteurs **[18]** qui ont étudié l'effet de la concentration en H_3PO_4 sur l'indice d'iode.

3.2.2.3 INFLUENCE DE LA DURÉE DE CARBONISATION

La capacité d'adsorption augmente de 25,4 mg/g lorsque la durée de carbonisation passe de 1h à 3h. Une augmentation du temps a donc une action positive sur les propriétés d'adsorption du charbon actif. Des résultats similaires ont été trouvés par **Benrachedi (1998) [19].**

3.2.2.4 ETUDE DES INTERACTIONS

Les diagrammes ci-dessous (**figure 7**) permettent de visualiser les interactions entre la température et la durée de carbonisation puis entre la concentration en H_3PO_4 et la durée de carbonisation.

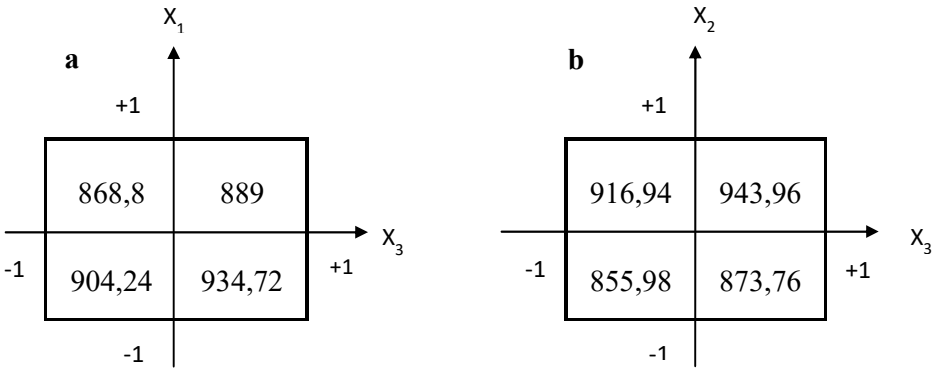


Fig. 2. Diagramme des interactions

L'interaction entre la température et la durée de carbonisation est maximale pour $X_1 = -1$ et $X_3 = +1$ en outre celle entre la concentration de l'agent activant et la durée de carbonisation est maximale pour $X_2 = +1$ et $X_3 = +1$.

3.2.3 VALEURS DES PARAMÈTRES D'OPTIMISATION DU CHARBON ACTIF CAK

En conséquence, les conditions expérimentales optimales de préparation de charbon actif possédant la meilleure capacité d'adsorption possible déterminée à partir de l'indice d'iode, sont consignées dans le **tableau XII.**

Tableau 5. Conditions optimales préparation du charbon actif

Température de carbonisation	Concentration de l'agent activant	Durée de carbonisation
$400°C$	30%	$3h$

3.3 CARACTÉRISATION DU CHARBON ACTIF CAK OPTIMISÉ

3.3.1 CARACTÉRISATION PHYSIQUE DU CHARBON ACTIF CAK OPTIMISÉ

Les résultats pour la caractérisation du charbon sont résumés dans **le tableau XIII.**

Tableau 6. Propriété physico-chimiques du C.Aopt

Paramètres	Taux de cendre (%)	Degré d'activation (%)	Indice d'iode (mg/g)	Surface spécifique (m^2/g)
Résultats	3,1	24	955,04	706,92

3.3.1.1 TAUX DE CENDRE

La valeur obtenue pour le taux de cendre est 3,1%. Cette valeur est inférieure à celle (2,71%) obtenue par Nait-Merzoug et al. (2016)[20] avec du charbon actif issu des grignons d'olives. Les cendres sont constituées de sels de calcium et d'oxydes métalliques. Plus le taux de cendre est bas, meilleur est le charbon actif. Ce taux augmente généralement avec l'étape de régénération. [21].

3.3.1.2 DEGRÉ D'ACTIVATION

Le taux du degré d'activation obtenue au cours de cette étude est de 24%. Cette valeur est inférieure 50% ; ce constat indique que le charbon actif issu de la coque d'arachide aurait une tendance à la microporosité et à la mésoporosité **[22]**. Mais, selon **Meljac (2004) [23]**, la mésoporosité serait plus probable, car ce charbon actif provient de la coque d'arachide qui est un matériau de faible densité.

3.3.1.3 INDICE D'IODE

L'indice d'iode est mesuré pour évaluer la capacité d'adsorption du charbon actif, notamment la capacité d'adsorption dans les micropores, pores de dimensions comprises entre 1,0 et 1,5 nm **[24]**. Pour qu'un charbon actif ait la capacité d'adsorber les petites molécules, son indice d'iode doit être compris entre 600 et 1100 mg/g. La valeur de l'indice d'iode obtenue au cours de cette étude est de 955,04 mg/g ; ainsi ce charbon actif serait capable d'éliminer des eaux contaminées par de grosses, moyennes et petites molécules. Cette valeur est comparable à celle obtenue par **Mamane et al (2016)[4].** En effet, à partir de charbons préparés avec les coques de Balanites Eagyptiaca par activation par H_3PO_4 à 600°C, ces derniers ont obtenu une valeur de 964,47 mg/g. c'est aussi le cas de **Mohammad et al (2007) [25]** qui ont obtenu des résultats similaires avec du charbon actif issu de coque du pistache, de la noix, de l'amande et de la datte imprégnées par l'acide phosphorique. Les valeurs obtenues sont respectivement de 955, 953, 1070 et 891 mg/g.

3.3.1.4 SURFACE SPÉCIFIQUE

Tableau 7. Paramètres du modèle de Langmuir

R^2	Q_o (mol/g)	K_L (L/mg)	S (m^2/g)
0,9784	0,00559	1,8564	706,92

La valeur de la surface spécifique du charbon actif optimisé est de 706,92 m^2/g. Cette valeur est comprise entre 500 à 1500 m^2/g indiquée dans la littérature comme étant l'intervalle des valeurs indicatives de charbons actifs possédant un bon pouvoir adsorbant **[26].** Ainsi, ce charbon actif optimisé serait conforme aux normes de la surface spécifique des CA ayant un bon pouvoir adsorbant. Cependant la valeur obtenue dans la présente étude n'est pas très proche de celle obtenue par **Gueye (2009)[27]** qui a produit des charbons actifs de coques d'arachides par imprégnation à l'aide de H_3PO_4. Cette différence pourrait s'expliquer par la méthode d'activation et la technique d'évaluation de la surface spécifique utilisées. **Gueye (2009) [27]** a

activé les coques d'arachide avec H_3PO_4 (25% et 35%) à 450°C puis 600°C. Le procédé utilisé dans la présente étude est l'imprégnation avec H_3PO_4 à 30% suivi de la calcination à 400°C. La technique d'évaluation de la surface spécifique utilisée par **Gueye (2009) [27]** pourrait être, également, une des causes de l'écart constaté. La technique de **Gueye (2009) [27]** est basée sur la méthode de bleu de méthylène. Cette méthode utilise le bleu de méthylène liquide dont le diamètre est plus grand que celui de l'acide acétique. L'acide acétique mesure toute la surface spécifique du charbon actif y compris celle des mésopores majoritaires. Le bleu de méthylène ne mesure que les surfaces des méso et macropores.

3.3.1.5 ANALYSE PAR LE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE PAR BALAYAGE

Une étude morphologique, par observation au microscope électronique à balayage (MEB), a été réalisée afin d'analyser la structure des particules de charbon et leur texture. Les observations à différents grossissements du charbon sont présentées sur les figures 8.

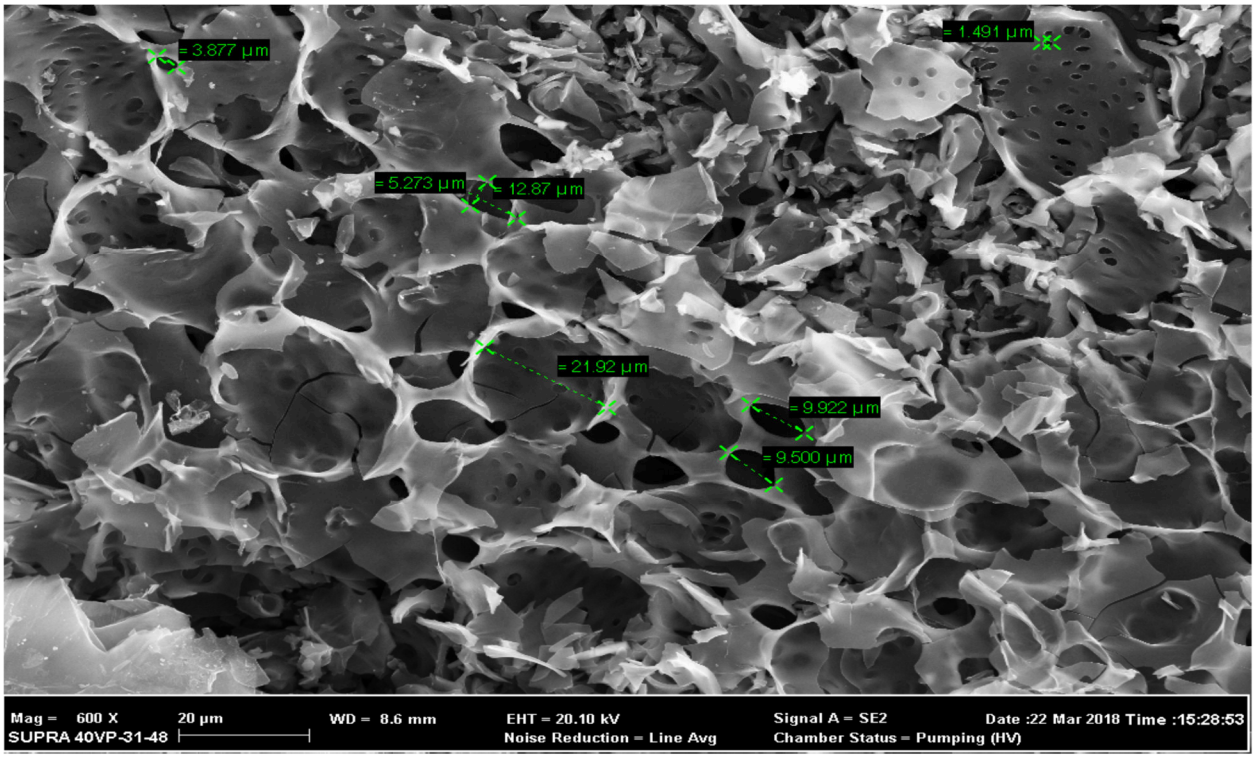


Fig. 3. Image MEB du C.Aopt à l'échelle 20 µm.

Les images font apparaitre une distribution hétérogène de pores sur les particules de charbon, avec des tailles allant de 1 à 25 µm. En effet, le but de l'examen par la MEB est d'illustrer la porosité, surtout celle créée par l'activation. Une porosité développée permet d'augmenter la surface spécifique du charbon et, en conséquence, le nombre de sites actifs sur lesquels peuvent se fixer éventuellement les molécules **[5]**. De même, une observation à fort grossissement révèle la présence d'une porosité interne avec des tailles de pore de l'ordre du µm. Cette porosité interne va contribuer à accroitre la surface spécifique et contribuer à augmenter la capacité d'adsorption.

3.3.2 CARACTÉRISATION CHIMIQUE DU CHARBON ACTIF CAK OPTIMISÉ : FONCTIONS DE SURFACE

Les fonctions de surface du charbon actif ont été déterminées par la méthode de **Boehm [13].** Les résultats sont consignés dans le **tableau XV**.

Tableau 8. Fonctions de surface du charbon actif

Carboxyliques $(méq/g)$	Lactoniques $(méq/g)$	Phénoliques $(méq/g)$	Acidité totale $(méq/g)$	Basicité totale $(méq/g)$
5,76	0,28	2,04	8,08	0,64
71,3%	3,5%	25,2%	92,7%	7,3%

L'analyse du **tableau XV** montre que le charbon présente des fonctions de surfaces mixtes : acide et basique. Cependant, la présence de sites acides et de sites basiques sur le charbon actif suggère pour le charbon la possibilité d'adsorber aussi bien des adsorbats anioniques que cationiques. Ces mêmes observations ont été faites par **Bamba et al (2009) [28].** Selon **Mezerette et Vergnet (1994) [29],** Les groupements fonctionnels à la surface du charbon actif pourraient trouver leur origine dans les processus d'activation.

Les groupements fonctionnels à la surface du charbon pourraient également, être nés des liaisons entre l'oxygène et les différents atomes présents dans le matériau précurseur : hydrogène, chlore, soufre, azote, etc. Plusieurs auteurs dont **Crini et Bardot (2008) [30]** soutiennent cette assertion. Selon eux, ces éléments deviennent partie intégrante de la structure chimique pendant le processus d'activation, sous la forme de fonctions de surface.

Les caractéristiques déterminées dans ce chapitre permettent d'apprécier la qualité du charbon obtenu. En effet, l'échantillon est d'autant meilleur qu'il a un faible taux de cendre et une grande surface spécifique. Cependant, il est indispensable de mener des tests d'adsorption avec celui-ci afin d'être situé sur sa réelle capacité d'adsorption.

3.4 ETUDE DE L'ADSORPTION SUR LE CHARBON ACTIF OPTIMISÉ

Les **figures 12** présentent la cinétique de rétention des colorants Jaune et Bleu sur le charbon actif optimisé.

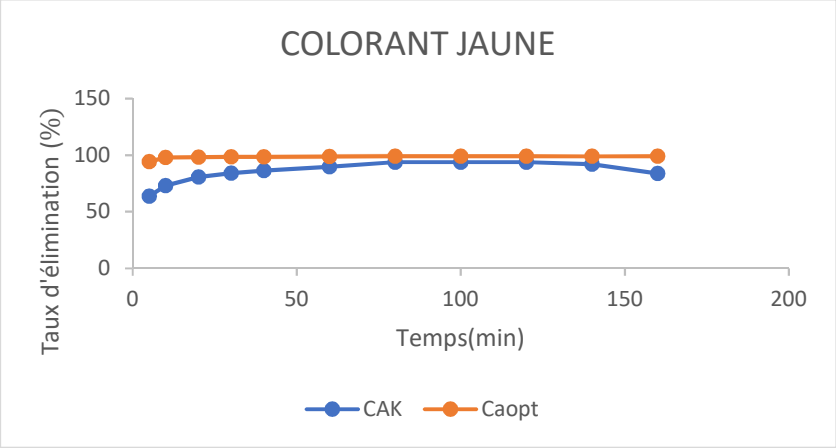


Fig. 4. Evolution du taux d'adsorption du CJ

L'observation de la figure 12 permet de noter une capacité plus importante du CAopt à adsorber les colorants que CA non optimisé. En effet, le taux de rétention du colorant Jaune passe de 93,79% à 98,93%. Cette amélioration de la cinétique d'élimination est due à la surface spécifique et du volume des pores du $C.A_{opt}$ qui serait plus important par rapport à celui du CAK. En un mot, cette amélioration est liée à l'opération d'optimisation. En effet, Selon **Kouadio et al. (2017) [22]**, l'activation a pour objet de créer des pores dans la matière carbonée, l'augmentation de la température et du temps de la réaction aurait pour effet la création de nouveaux pores et l'élargissement des volumes de pores existants. Par conséquent la surface spécifique devient de plus en plus importante avec l'accroissement de la température et du temps d'activation. Il en est de même pour le ratio d'imprégnation pour l'activation par voie chimique **[24]**.

4 CONCLUSION

L'objectif général de cette étude étant l'optimisation de la capacité d'adsorption de charbon actif issu de la coque d'arachides pour l'élimination du colorant jaune 11 en milieu aqueux, l'étude a été réalisée suivant trois articulation : Comparaison de la cinétique d'élimination des colorants jaune et bleu en milieu aqueux au contact de charbons actifs issus de

trois espèces de coques d'arachide, détermination des facteurs de production d'un charbon actif à capacité d'adsorption optimale ; enfin, caractérisation et application du charbon actif obtenu à l'élimination des colorants jaune et bleu en milieu aqueux.

Au terme des travaux nous avons pu relever les constatations et conclusions suivantes :

- L'équilibre d'adsorption du colorant jaune sur les trois types de charbons actifs est atteint à partir 80 minutes,
- La rétention des colorants par les trois charbons actifs montre que, d'une manière générale, le CAK a une grande capacité d'adsorption que CAM et CAS,
- Quel que soit le charbon actif, le phénomène d'adsorption comprend trois phases : une première phase très rapide ; puis, une seconde de rapidité moyenne et un troisième aboutissant à un palier de saturation,
- Les conditions de production d'un charbon actif à capacité de rétention optimale à partir de la coque d'arachide est de :400°C pour la température de carbonisation, 30% pour la concentration de l'agent activant (H_3PO_4) et de 3 heures pour le temps de carbonisation.
- Le charbon préparé dans les conditions optimales présente les caractéristiques suivantes : 3.1% de taux de cendre, 24% de degré d'activation, l'indice d'iode est de 955.04 mg/g et la surface spécifique est de 706.92 m^2/g.
- Le dosage des fonctions de surfaces révèle que le charbon actif a une surface majoritairement acide (8,08 méq/g, soit 92,7% de la surface totale). Les sites basiques représentent 7,3% de la surface. Ce fort caractère acide provient des acides carboxyliques (71.3% environ), des phénols (25.2% environ).
- Les résultats de l'essai d'adsorption montrent que le taux d'adsorption du colorant est élevé et atteint environ 99% et peuvent justifier l'utilisation de ce charbon dans le traitement des eaux notamment en ce qui concerne l'élimination de micropolluants de l'eau.

En définitive, on retient que le charbon obtenu à partir des coques d'arachides de Kani imprégnés dans de l'acide orthophosphorique 30%, préparé à 400°C pendant 3h est tout à fait adapté à la récupération d'importantes quantités de colorants jaune avant qu'il ne soit rejeté dans la nature.

REFERENCES

[1] Z. M. Mexent, Elimination des ions Mn (II) des solutions aqueuses par adsorption sur des charbons actifs préparés à partir des coques de noix de noisette. Mémoire de Master, Ecole Normale Supérieure de Libreville, Gabon, 2012.
[2] T. Hassen, Etude de la dégradabilité et de la toxicité des colorants par ozonation et photocatalyse, Thèse de doctorat, Université de Monastire, 2014.
[3] D. Wintgens, A. Lavanchy, H. F. Stoeckli, "Static Adsorption by active Carbons of vapour Mixtures corresponding to immiscible Liquids," Adsorption Science and Technology, vol 17, 9, pp. 761-769, 1999.
[4] O. S. Mamane, Z. Adamou, D. Ibrahim, N. Ibrahim, "Préparation et caractérisation de charbon actifs à base de coques de Balanites Eagyptiaca et de Zizyphus Mauritiana, " J. Soc. Ouest-Afr.Chim, 41, pp. 59-67, 2016.
[5] M. Trachi, N. Bourfils, S. Benamara, H. Gougam, "Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de la coquille d'amande (Prunus amygdalus), " Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 18, pp. 492-502, 2014.
[6] S. Gueu, Traitement de la pollution métallique et organique par les charbons actifs des coques de noix et des grains de palmistes, Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte-d'Ivoire, 2007.
[7] M. Gueye, Développement de charbon actif à partir de biomasses lignocellulosiques pour application dans le traitement de l'eau. Thèse de doctorat,2IE ouagadougou, 2015.
[8] I. E. Fernandez, Etude de la carbonisation et de l'activation de précurseurs végétaux durs et mous ; Thèse de Doctorat ; Université de Neuchatel ; Institut de chimie, Décembre 2002.
[9] B. Faouzia, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, mémoire de magister, Université Ferhat Abbas Setif-1, Algérie, 2014.
[10] K. N. Aboua, Optimisation par le plan factoriel complet des conditions de production de charbon actif et son utilisation pour l'élimination de colorants et métaux lourds en solution aqueuses, Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouet Boigny d'Abidjan, Cote- d'ivoire, 2013.
[11] M. L. Ba, Adsorption des métaux lourds dans les eaux usées par des charbons actifs préparés à partir de biomasses locales. Mémoire de Master, Institue International d'Energie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, Burkina Faso, 2008.

[12] J. Avom, J. M. Ketcha, M. R. L. Matip, P. GERMAIN, "Adsorption isotherme de l'acide acétique par des charbons d'origine végétale, " African Journal of Science and Technology (AJST), Science and Engineering Series Vol. 2, No. 2, pp. 1-7, 2001.
[13] H.P. Boehm, "Some aspects of the surface chemistry of carbon black and other carbon," Carbon, 32, pp. 759-769, 1994.
[14] I. M. Monarez, Rétention de pesticides dans les sols des dispositifs tampon, enherbés et boisés rôle des matières organiques. Thèse de doctorat, institue agronomique Paris-Grignon, France, 2004.
[15] N. Bouziane, Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre. Magister en chimie. Département de Chimie. Faculté des Sciences Exactes. Université Mentouri de Constantine. Algerie, 2007.
[16] E. Assidjo, B. Yao, E. Akou and G. Ado, "Optimisation of the treatment conditions of cocoa butter in order to reduce non-quality, " J Chemometrics 2005 ; 19, pp. 543-548, 2000.
[17] M. Sido-Paabyan, M. Gueye, J. Blin, E. Somé, "Valorisation de résidus de biomasse en charbons actifs-Tests d'efficacité sur des bactéries et dérivés de pesticides," Sud Sciences et Technologies, n°17, 2IE, pp. 67, 2009.
[18] M. Gueye, J. Blin et C. Brunschwig, "Etude de la synthèse des charbons actifs à partir des biomasses locales par activation chimique avec H_3PO_4, " campus 2IE, 6^e édition, Ouagadougou, pp. 1 4, 2011.
[19] K. Benrachedi, "Préparation d'un charbon actif à partir d'un déchet de café, " La tribune de l'eau, vol :51, pp. 35-40, 1998.
[20] A. Nait-Merzoug, A. Benjaballah et O. Guellati, "Préparation et caractérisation d'un charbon actif a base d'un déchet agricole, Third International Conference on Energy, Materials, " Applied Energetics and Pollution, ICEMAEP2016, pp. 1-6, October 30-31, 2016.
[21] N. Sedira, Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, MAGISTER, Faculté des Sciences et De Technologie, Département de sciences de la matière, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras, Alger, Algérie, 2013.
[22] N. A. Kouadio, D. O. KRA, G. P. Atheba, P. Drogui, A. Trokourey, "Degré d'activation, surface spécifique et fonctions de surfaces de charbons actifs d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium,* " International Journal of Innovation and Applied Studies, *Vol.* 20 No. 2 May 2017, pp. 568-574, 2017.
[23] L. Meljac, Etude d'un procédé d'imprégnation de fibres de carbone activées : Modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène ; Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne et de l'Université Jean Monnet de Saint Etienne, Spécialité : Génie des Procédés, France, 2004.
[24] C. K. Balogoun, M. L. Bawa, S. Osseni et M. Aina, "Préparation des charbons actifs par voie chimique à l'acide phosphorique à base de coques de noix de coco, " Int. J. Biol. Chem. Sci 9(1), pp. 563-580, Février 2015.
[25] A. Mohammad, A. R. Mohammad, A. M. Mohammad, B. S. Mohammad, "Adsorption Studies on Activated Carbon Derived Steam Char. Indian Society for Surface Science and Technology, " India, 23(1-2), pp. 73-80, 2007.
[26] O. Julien et C. Lydie, Évaluation de charbons actifs en poudre (CAP) pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines, EPFL, Suisse, 2010.
[27] M. Gueye, Système et étude des charbons actifs pour le traitement des eaux usées d'une tannerie, Mémoire de Master, Institue International d'Energie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou, Burkina Faso, 2009.
[28] D. Bamba, B. Dongui, A. Trokourey, G. E. Zoro, G. P. Atheba, R. Didier et J. V Weber, "Etudes compares des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron, " J. Soc. Ouest-Afr. Chim 28, pp. 41-52, 2009.
[29] C. Mezerette et L. F. Vergnet, "La voie thermochimique". In : ANONYME. Guide Biomasse Energie. Collection Etudes et filières, pp. 144-198, 1994.
[30] G. Crini et M. P. Badot, "Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique, " Presses universitaires de France-Comté, pp. 283-285, 2008.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1293-1309
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

LES JUSTICIABLES DE LA COUR CONSTITUTIONNELLE A L'EPREUVE DU DOUBLE DEGRE DE JURIDICTION EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

[THE PEOPLE IN FRONT OF THE CONSTITUTIONAL COURT TO THE TEST OF DOUBLE DEGREE OF JURISDICTION IN DR CONGO]

Emile DHEKANA TS'RBA MALUA[1] and YEBENE YEBENE AMISI[2]

[1]Magistrat, Juge au Tribunal de Paix d'Irumu à Bunia, Diplômé d'Etudes Supérieures en Droit de l'Université de Kisangani, Chef de Travaux à l'Université de Bunia, RD Congo

[2]Magistrat, Substitut du Procureur de la République au Parquet près le Tribunal de Paix de Goma, RD Congo

Copyright © 2019 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 country Constitution and laws guarantee the freedom and inalienable fundamental rights to every citizen. Among these rights, one recovers the principle of the double degree of jurisdiction by the national, regional, and international, instruments as well. Such is the content of the article 21 of the Constitution of the DRC which states that" *(…) The right to review a judgment is guaranteed to all (…)* ". However, the article 168 of the same text says that" *The decisions of the constitutional Court are not susceptible of any revision and are immediately enforceable…* ", what a contradiction! The present survey raises the inconveniences of this disposition towards the people in front of the constitutional Court and comes to the conclusion that it is an attempt of the right to an equitable trial.

KEYWORDS: Justiciables, constitutional Court, double degrees of jurisdiction, DRC.

RÉSUMÉ: La Constitution et les lois du pays garantissent à chaque citoyen des libertés et des droits fondamentaux inaliénables. C'est ainsi que les instruments tant nationaux, régionaux qu'internationaux postulent qu'une personne traduite en justice bénéficie du double degré de juridiction. C'est le libellé de l'article 21 de la Constitution de la RDC qui dispose que « *(…) Le droit de former un recours contre un jugement est garanti à tous (…)* ». Or, d'après l'article 165 « *Les arrêts de la Cour constitutionnelle ne sont susceptibles d'aucun recours et sont immédiatement exécutoires…* ». La présente étude relève les inconvénients de cette disposition à l'endroit des personnes justiciables de la Cour constitutionnelle et arrive à la conclusion qu'il s'agit là d'un mépris du droit à un procès équitable. Elle propose ainsi, *de lege ferenda*, la suppression du privilège de juridiction ou l'institution d'une chambre d'appel au sein de la même juridiction pour statuer sur le recours de ses justiciables.

MOTS-CLEFS: Justiciables, Cour constitutionnelle, double degré de juridiction, RDC.

1 INTRODUCTION

Lorsqu'une personne arrive à enfreindre une loi, c'est-à-dire commettre une infraction, troublant ainsi l'ordre public, elle s'endette vis-à-vis de la société qui dispose du droit de lui demander des comptes. Telle est l'essence même du droit pénal. C'est ce qu'affirme NYABIRUNGU mwene SONGA lorsqu'il déclare que « *le droit pénal est au cœur de la société humaine dans*

laquelle il est en vigueur. Il est la protection des valeurs fondamentales partagées par le plus grand nombre dans la société considérée et impose les sanctions à ceux qui, par leur faute, viendraient à les violer ou y porter atteinte ». [1]

En effet, tous les hommes étant égaux devant la loi, chacun doit répondre de ses actes devant la justice. Ceci ne veut pas dire que n'importe qui peut être jugé par n'importe quelle juridiction ou n'importe quel juge ; ou, pareillement, toutes les personnes peuvent être jugées par toutes les juridictions ou tous les juges. Cette fois-ci, il s'agit d'une question de procédure. Ainsi, « *pour garantir une bonne application du système organisant la répression des violations de la loi pénale, l'Etat a créé un ensemble des règles qui régissent les formes selon lesquelles les infracteurs doivent être jugés et sanctionnés. Ces règles forment une branche du doit public appelée « Procédure pénale » ou droit procédural pénal, qui est, du reste, une procédure d'équilibre ».* [2]

On peut ainsi comprendre que la procédure à suivre, loin de soustraire un individu de l'emprise de la justice, précise la loi applicable au cas d'espèce et la juridiction compétente, donc le juge naturel. C'est dans ce sens que LUZOLO BAMBI LESSA et BAYONA BAMEYA, estiment que « *la procédure pénale est le thermomètre de la température démocratique d'un Etat car elle est l'expression vivante des libertés reconnues par l'Etat aux individus* ».[3]

L'article 21 de la Constitution se fait l'assise de cet axiome lorsqu'elle précise que « *Tout jugement est écrit et motivé. Il est prononcé en audience publique. Le droit de former un recours contre un jugement est garanti à tous. Il est exercé dans les conditions fixées par la loi* ». L'article 61, point 5 renchérit en disant « *Dans aucun cas, et même lorsque l'état de siège ou l'état d'urgence aura été proclamé conformément aux articles 85 et 86 de ladite constitution, il ne peut être dérogé aux droits et principes fondamentaux parmi lesquels le droit de la défense et le droit de former un recours* ».

Cependant, aux termes de l'article 165 « *Les arrêts de la Cour constitutionnelle ne sont susceptibles d'aucun recours et sont immédiatement exécutoires. Ils sont obligatoires et s'imposent aux pouvoirs publics, à toutes les autorités administratives et juridictionnelles, civiles et militaires ainsi qu'aux particuliers* ».

Dès lors, on se pose la question de savoir s'il n'y a pas violation de droit au double degré de juridiction, d'une part et, contradiction dans la Constitution elle-même, d'autre part.

A titre d'hypothèse, on peut conjecturer que la disposition qui veut que la Cour constitutionnelle rende une décision en premier et dernier ressort pècherait contre le principe fondamental de procès équitable et préjudicierait grandement les justiciables de cette juridiction qui n'ont plus de rempart ; en même temps qu'il subsisterait une contradiction flagrante entre les articles 21 et 165 de la Constitution.

Pour arriver à bout de cette analyse, nous nous sommes remis à la méthode juridique. Elle a consisté à rassembler, à interpréter et à analyser les instruments juridiques en rapport avec le sujet d'étude. Nous avons joint à cette méthode la technique documentaire qui nous a permis de rechercher, de consulter et de récolter les données dans les ouvrages, les documents, les rapports, les articles de revues en rapport avec le double degré de juridiction.

Notre étude, est subdivisée, hormis l'introduction et la conclusion, en trois chapitres. Le premier est consacré à la théorie du double degré de juridiction pendant que le second considère les atteintes aux des droits et libertés fondamentaux des justiciables de la Cour constitutionnelle et que le troisième propose une piste de solution.

2 NOTE SUR LA DOUBLE DEGRE DE JURIDICTION

Généralement, l'organisation juridictionnelle nationale d'un pays est l'organisation des tribunaux nationaux dans l'ordre juridique interne. On exclut donc de cette organisation l'ensemble des juridictions qui ne sont pas nationales, qui résultent d'un contrat ou d'un statut défini entre des membres. On ne s'intéresse donc qu'aux tribunaux sanctionnés par l'administration d'État, définis par la loi. Les juridictions internationales, régionales ou communautaires, qui résident dans un ordre juridique externe, sont elles aussi exclues, car elles n'émanent pas de l'administration d'État, mais d'autres organisations internationales.

L'organisation juridictionnelle nationale de la République Démocratique du Congo, à l'instar de celle de certains Etats, a souhaité mettre en œuvre certains principes inhérents à une idée du procès, respectueuse des libertés fondamentales, prenant ainsi en compte la possibilité de faire appel, la collégialité des juges qui rendront une décision, la rapidité du jugement.

S'intéressant uniquement au premier principe, il appert, tout d'abord, d'en préciser le champ normatif (1), ensuite, de l'énoncer tout en en situant le cadre justificatif (2), enfin, d'en montrer les limites (3).

2.1 CHAMP NORMATIF DU PRINCIPE

Historiquement, le double degré de juridiction est l'œuvre de l'Assemblée Constituante française en réaction aux excès de l'Ancien régime qui lui connaissait 4 à 5 degrés de juridiction. Les Constituants, via la loi du 16 et 24 août 1790, vont instaurer les bases de cette institution, à savoir la séparation des deux ordres de juridiction : administratif et judiciaire. Ils consacreront la présomption d'innocence, le caractère public et contradictoire des débats entres autres ; mais surtout, ils mettront en place le principe du double degré de juridiction.

Plus spécifiquement, le droit au double degré de juridiction est consacré par le Pacte international relatif aux droits civils et politiques, adopté et ouvert à la signature, à la ratification et à l'adhésion par l'Assemblée générale dans sa résolution 2200(XXI) du 16 décembre 1966. [4]

Cet instrument juridique, comportant 53 articles répartis entre six parties, entré en vigueur le 23 mars 1976, compose avec le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels, la « Charte internationale des droits de l'homme » sous la clef de voûte de la Déclaration universelle des droits de l'homme ». [5]

Par ailleurs, l'article 2 du protocole n° 7 annexé à la Convention européenne des droits de l'homme prévoit également l'obligation d'un double degré de juridiction en matière pénale[1], toutefois, il résulte certainement, de ce qui précède que les dispositions de l'article 14 du pacte international sont plus complètes et plus détaillées que celles de l'article 6 de la convention européenne – qui prévoit le droit à un procès équitable -, et qu'elles garantissent même des droits que celle-ci ne paraît pas protéger [6].

2.2 CONTENU ET JUSTIFICATION DU PRINCIPE

« *Toute personne déclarée coupable d'une infraction, a le droit de faire examiner par une juridiction supérieure la déclaration de culpabilité et de condamnation, conformément à la loi* », dit l'article 14 alinéa 5 du Pacte international relatif aux droits civils et politiques.

Plus concrètement, pour Abdessalem Damak, la règle du double degré de juridiction signifie qu'une même affaire doit pouvoir être jugée une seconde fois par une juridiction supérieure à celle ayant rendu le premier jugement. ... Il s'agit de soumettre la prévention à l'épreuve d'une double discussion, ce qui implique que les preuves soient à nouveau librement et contradictoirement débattues [7].

Le principe de double degré de juridiction est au fondement de la possibilité que chaque affaire soit jugée, en fait et en droit, deux fois. Un tel système permet de limiter d'abord l'étendue du pouvoir des juges. Il offre aussi aux parties la possibilité de présenter une meilleure argumentation, qui présentera l'avantage donc d'être plus précise en appel qu'en première instance.

Sauf, comme l'indique RUBBENS, s'il s'agit d'une mesure purement préparatoire (qui ne juge rien). Tout jugement implique un dire ou droit … et une décision conséquente ayant autorité de la chose jugée sans doute en matière pénale, ces jugements ne sont pas exécutoires avant certains délais, mais ces délais sont fatidiques aboutissant à la fois à couler les jugements à force des choses jugées et à les rendre exécutoires au besoin par la force. Or, il s'agit là d'une justice humaine, sujette à erreur, le droit congolais prévoit des voies de droit susceptibles de corriger ces erreurs [8].

En 1828, Bentham expliquait « *Réformer des décisions injustes, soit que l'injustice ait été involontaire, soit qu'elle ait eu pour cause l'ignorance ou l'erreur ; prévenir des jugements volontairement iniques, en ôtant l'espérance de les voir jamais exécutés. Considérer une Cour d'appel comme simplement utile, ce n'est point s'en faire une assez haute idée, elle est une nécessité* ». On comprend de cette citation que considérer une Cour d'appel comme nécessaire, c'est reconnaître qu'une décision peut être entachée d'erreurs. La justice étant rendue par des hommes. Comme toute œuvre humaine, elle est imparfaite. C'est pourquoi, pouvoir faire réexaminer son affaire c'est revendiquer la garantie d'une bonne justice au même titre que l'impartialité du tribunal.

[1] On peut ainsi lire avec intérêt le recours contre une peine de détention infligée pour troubles mineurs à l'ordre public La violation de l'article 2 du Protocole no 7 à la *Convention* (STE no 117) (*droit* à un *double degré* de juridiction en matière pénale) constatée dans les affaires Kamburov c. Bulgarie (Requête no 31001/02, arrêt du 23 avril 2009) et Stanchev c. Bulgarie (Requête no 8682/02, arrêt du 1er octobre 2009).

Car, à en croire LUZOLO, la justice des hommes reste sujette à erreur voire à injustice malgré les garanties que la loi a prévu pour la bonne administration de la justice et le déroulement d'un procès équitable. C'est pour permettre d'éliminer ces erreurs et ces injustices, que la loi a institué des voies de recours [9].

Il est important de signaler que si le droit d'appel apparaît comme futile dans certaines matières, il apparaît essentiel en matière pénale. Il permet une remise en question du procès et des moyens respectifs si des erreurs venaient à s'immiscer.

Ce principe, capital, permet à tout plaideur de voir son affaire examinée deux fois : dès lors qu'une des parties conteste la décision rendue, elle a droit à un second examen devant une autre juridiction ou la même juridiction autrement composée, selon les cas. Le nouvel examen a lieu sur recours et l'affaire est portée devant une juridiction de degré supérieur.

L'appel et le double degré de juridiction sont des principes essentiels de la procédure judiciaire et une garantie d'équité pour les justiciables : le droit de contester une décision de justice devant une nouvelle juridiction.

Toute personne dont l'affaire a déjà été jugée en premier ressort peut demander, si elle n'est pas d'accord avec la décision rendue, que son affaire soit réexaminée. Le recours, appelé « appel » s'exerce devant une juridiction de degré supérieur ; en d'autres termes, un tribunal ne peut pas réexaminer une affaire qu'il a déjà jugée : c'est le principe de « l'autorité de la chose jugée ». [10]

D'après Thomasset-Pierre, n'ayant pas valeur constitutionnelle, la protection du droit d'appel est médiate, passant par des voies contournées, comme l'a montré la décision précitée « sécurité et liberté ». Cet état de fait amène la doctrine à parler de principe de valeur para-constitutionnelle. En effet, la seule véritable affirmation d'un droit au double degré de juridiction provient de textes internationaux. Il s'agit de l'article 14, 5° du Pacte international sur les droits civils et politiques.

Cependant, bien que dépourvue de valeur constitutionnelle, la règle du double degré de juridiction ne laisse pas indifférente : en France, dans un affaire tranchée par la chambre plénière du 11 mars 2005 (03-20.484), l'avocat général émettait les considérations suivantes : « *On peut cependant trouver au principe du double degré de juridiction un fondement constitutionnel en l'incluant dans le concept plus large du droit de la défense* » reconnu comme principe fondamental reconnu par les lois de la République (DC 19/20 janvier 1981 Sécurité et Liberté).

2.3 LIMITES DU PRINCIPE

Le principe de double degré de juridiction n'est pas absolu, il connaît des limites en ce sens qu'il se heurte à deux institutions organisées par la procédure pénale congolaise : privilège de juridiction (1) et de l'évocation (2).

2.3.1 PRIVILÈGE DE JURIDICTION

Le privilège de juridiction fonde sa raison d'être dans le souci d'organisation d'une justice équitable. En effet, le statut social élevé de certains justiciables eu égard aux fonctions qu'ils occupent, commande qu'ils soient jugés par des magistrats de rang élevé, plus expérimentés et capables de faire face à des fortes influences et à une grande tentation de corruption. Il est aussi important que les personnes qui assument des hautes charges publiques soient mises à l'abri des procès intempestifs.

En République Démocratique du Congo, on retrouve cette idée dans les articles 153, alinéa 6 de la Constitution et 93 de la Loi N°13-011 du 11 avril 2013 portant organisation, fonctionnement et compétence des juridictions de l'ordre judiciaire qui disposent que « …*Dans les conditions fixées par la Constitution et les lois de la République, la Cour de cassation connaît en premier et dernier ressort des infractions commises par : 1. les membres de l'Assemblée nationale et du Sénat ; 2. les membres du Gouvernement autres que le Premier ministre ; 3. les membres de la Cour constitutionnelle ; 4. les magistrats de la Cour de cassation ainsi que du parquet près cette Cour ; 5. les membres du Conseil d'Etat et les membres du Parquet près ce Conseil ; 6. les membres de la Cour des Comptes et les membres du parquet près cette Cour ; 7. les Premiers Présidents des Cours d'appel ainsi que les Procureurs généraux près ces cours ; 8. les Premiers Présidents des Cours administratives d'appel et les Procureurs près ces cours ; 9. les Gouverneurs, les Vice-gouverneurs de province et les ministres provinciaux ; 10. les Présidents des Assemblées provinciales* ».

Toutefois, à considérer minutieusement le contenu de ces deux articles, il y a lieu de se demander si les justiciables de la Cour de Cassation - *mutatis mutandis* pour les justiciables de la Cour Constitutionnelle qui fait l'objet du présent article - sont réellement des privilégiés, la procédure devant cette Cour n'ayant pas organisé la possibilité d'appel concernant le jugement rendu en premier ressort par cette juridiction. Il y a donc violation du principe de double degré de juridiction.

C'est bien ce que soutient RUBBENS lorsqu'il pense qu'en étendant le privilège de juridiction aux membres de l'Assemblée nationale, et des hautes Cours, on leur enlève du même coup le bénéfice du double degré de juridiction. [11]

2.3.2 L'ÉVOCATION

La *ratio legis* qui milite à l'institution de l'évocation relève de la volonté du législateur d'éviter des jugements iniques. En effet, un juge dont la décision a été infirmée par la juridiction supérieure à la suite du recours d'une partie au procès, n'est plus en bonne disposition psychologique pour statuer sur le fond de l'affaire. Ce juge se retrouverait, du reste, dans la situation de récusabilité. [2]

En droit procédural pénal congolais, l'évocation est consacrée par l'article 107 du code de procédure pénale congolais qui dispose : « *La juridiction d'appel qui reforme la décision entreprise pour un motif autre que la saisine irrégulière ou l'incompétence du premier juge connaît du fond de l'affaire* » [12].

L'évocation faite dans les conditions de l'article 107 soustrait la cause au double degré de juridiction. On a soutenu que si la cause a donné lieu à un jugement interlocutoire la juridiction du premier degré a au moins connu un débat sur le fond, et le législateur a estimé que le double débats' justifiait qu'il soit statué d'emblée au degré d'appel pour vider l'affaire. L'évocation peut surprendre la partie civile qui se serait réservé de se constituer jusqu'après exécution d'un jugement ...La procédure d'évocation élude aussi le double degré de juridiction. Les témoins récalcitrants ... Cela est d'autant plus vrai que lorsqu'il y a évocation, le justiciable est soustrait de son juge naturel ; ensuite, la juridiction qui évoque statue en premier et dernier ressort, et *ipso facto*, fait perdre automatiquement au justiciable son droit à l'Appel.

Après avoir longuement épilogué sur la base juridique, l'énoncé et le contexte justificatif ainsi que les limites du principe de double degré de juridiction, revenons, à présent au cas spécifique des justiciables de la Cour constitutionnelle qui en sont privés.

3 ATTEINTES AU DOUBLE DEGRE DE JURIDICTION

La problématique de la poursuite pénale des autorités situées au sommet de l'Etat a évolué dans le temps et suivant les sociétés (1). Spécifiquement, en République Démocratique du Congo, les dispositions constitutionnelles qui prévoient ladite poursuite portent inéluctablement atteinte au droit du double degré de juridiction des justiciables (2) .

3.1 POSITION DU PROBLÈME

En principe, les hautes autorités du pays, à l'instar du Président de la République et du Premier Ministre sont couverts par l'irresponsabilité pénale pour les actes posés dans l'exercice de leur fonction (1) ; mais, si la législation le prévoie, ils peuvent être poursuivis pour certaines infractions spécialement visées (2).

3.1.1 TRADITION D'IRRESPONSABILITÉ PÉNALE

Depuis belles lurettes, en guise d'aperçu de droit comparé, une étude effectuée par les services du Sénat français [13], portant sur dix pays européens (Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Grèce, Italie, Pays-Bas, Portugal et Royaume-Uni), indique que, dans les monarchies constitutionnelles, les souverains jouissent d'une immunité absolue et la responsabilité pénale du premier ministre relève parfois d'une procédure dérogatoire au droit commun pour les infractions commises dans l'exercice de ses fonctions, tandis que, pour les autres infractions, elle est partout, sauf en Belgique, engagée selon la procédure de droit commun.

A la différence des monarques, les présidents de la République ne jouissent pas d'une immunité absolue, mais ils bénéficient d'un régime dérogatoire au droit commun tant pour les infractions commises dans l'exercice des fonctions présidentielles que pour les autres infractions. Dans chacune des cinq républiques examinées dans cette étude, la responsabilité pénale du président de la République, pour des infractions commises dans l'exercice de ses fonctions, peut être

[2] Aux termes des points 6 et 7 de l'article 49, de la Loi N°13-011 du 11 avril 2013 portant organisation, fonctionnement et compétence des juridictions de l'ordre judiciaire, tout juge peut être récusé s'il a déjà donné son avis dans l'affaire ou s'il est déjà intervenu dans l'affaire en qualité de juge, de témoin, d'interprète, d'expert, d'agent de l'administration, d'avocat ou de défenseur judiciaire;

mise en cause seulement après que le Parlement ait adopté une décision de mise en accusation. Mais l'étendue de cette responsabilité diffère d'un État à l'autre. De même, la juridiction compétente est soit une juridiction ad hoc (composée, en Grèce, de hauts magistrats de l'ordre judiciaire ou, en Italie, des membres de la Cour constitutionnelle et de citoyens), soit la Cour constitutionnelle (Allemagne et Autriche) ou la juridiction suprême de l'ordre judiciaire (Portugal).

Quant aux infractions commises hors de l'exercice des fonctions présidentielles, le président de la République est, dans les cinq États, soumis à un régime dérogatoire. Dans certains pays (Allemagne et Autriche), aucune procédure ne peut commencer en cours de mandat sans l'accord du Parlement et, dans les autres, ces infractions ne peuvent être jugées qu'après la fin du mandat[3].

3.1.2 ERE DE LA RESPONSABILITÉ PÉNALE ET INFRACTIONS SUSVISÉES

Avec l'évolution du droit pénal moderne et le développement de la notion de la justice internationale doublé des fondamentaux de la démocratie, l'irresponsabilité pénale du Président de la République et du Premier Ministre est mise en branle dans de nombreux systèmes juridiques et de nombreux Etats. Ainsi donc, il est de plus en plus admis que le régime pénal des plus hautes autorités du pays soit fixé dans la Constitution.

La République Démocratique du Congo, n'est pas restée en marge de cette nouvelle vague même si MAMPUYA KANUNK'A TSHIABO s'inquiète que « *le Constituant congolais du 18 février 2006 ait exercé un œil plus averti sur le Chef de l'Etat considéré ainsi comme malpropre* » [14].

La question est réglementée par les prescrits des articles 163, 164 et 165 de la Constitution :

- L'article 163 postule « La Cour constitutionnelle est la juridiction pénale du Chef de l'Etat et du Premier ministre dans les cas et conditions prévus par la Constitution » ;
- Pour sa part, l'article 164 renchérit en stipule que « La Cour constitutionnelle est le juge pénal du Président de la République et du Premier ministre pour des infractions politiques de haute trahison, d'outrage au Parlement, d'atteinte à l'honneur ou à la probité ainsi que pour les délits d'initié et pour les autres infractions de droit commun commises dans l'exercice ou à l'occasion de l'exercice de leurs fonctions. Elle est également compétente pour juger leurs co-auteurs et complices.[4]
- Poursuivant, l'article 165 ajoute « Sans préjudice des autres dispositions de la présente Constitution, il y a haute trahison lorsque le Président de la République a violé intentionnellement la Constitution ou lorsque lui ou le Premier ministre sont reconnus auteurs, co-auteurs ou complices de violations graves et caractérisées des Droits de Homme, de cession d'une partie du territoire national ».

Les articles 166 et 167 se prononcent sur la procédure :

[3] En droit comparé, les articles 88, 101 et 103 de la Constitution belge, article 61 de la loi fondamentale du 23 mai 1949 ; les articles 49 à 57 de la loi du 12 mars 1949 ; l'article 68, a,b,c, de la Constitution française de 1958 prévoient également la poursuite des chefs d'Etat à l'instar des articles 263,264,265 de la Constitution congolaise ; Voir également Jean Spreutels, «Compétence pénale de la Cour constitutionnelle de la RDC à l'égard du Président de la République et du Premier ministre.», *Fédéralisme Régionalisme* [En ligne], Numéro 1 - Premiers scrutins et contrôle de constitutionnalité en RDC : la mise en œuvre d'une constitution "régionaliste", Volume 7 : 2007, URL : disponible sur *https://popups.uliege.be:443/1374-3864/index.php?id=539* consulté le 05 décembre 2018 à 8h30'

[4] Il y *haute trahison* lorsque le Président de la République a violé intentionnellement la constitution ou lorsque lui ou le Premier ministre sont reconnus auteurs, co-auteurs ou complices de violations graves et caractérisées des droits de l'homme, de cession d'une partie du territoire national.

Il y *atteinte à l'honneur* ou *à la probité* notamment lorsque le comportement personnel du Président de la République ou du Premier ministre est contraire aux bonnes mœurs ou qu'ils sont reconnus auteurs, co-auteurs ou complices de malversations, de corruption ou d'enrichissement illicite.

Il y a *délit d'initié* dans le chef du Président de la République ou du Premier ministre lorsqu'il effectue des opérations sur les valeurs immobilières ou sur marchandises à l'égard desquelles il possède des informations privilégiées et dont il tire profit avant que ces informations soient connues du public. Le délit d'initié englobe l'achat ou la vente d'actions fondés sur des renseignements qui ne seraient jamais divulgués aux actionnaires.

Il y a *outrage au parlement* lorsque sur des questions posées par l'une ou l'autre chambre du parlement sur l'activité gouvernementale, le Premier ministre ne fournit aucune réponse dans un délai de trente jours.

- Les immunités, la décision de poursuites ainsi que la mise en accusation du Président de la République et du Premier ministre sont votées à la majorité des deux tiers des membres du Parlement composant le congrès suivant la procédure prévue par le règlement intérieur ;
- La déchéance, en cas de condamnation, le Président de la République et le Premier ministre sont déchus de leurs charges. La déchéance est prononcée par la cour constitutionnelle ;
- Les infractions commises en dehors de l'exercice de leurs fonctions, les poursuites contre le Président de la République sont suspendues jusqu'à l'expiration de son mandat. Pendant ce temps, la prescription est suspendue.

3.2 PREUVES DES ATTEINTES AU DROIT DU DOUBLE DEGRÉ DE JURIDICTION

En disposant que la Cour Constitutionnelle siège en premier et dernier ressort en matière pénale, les dispositions de l'article 165 de la Constitution portent gravement atteinte au principe du double degré de juridiction. Nous en voulons pour preuve des arguments tirés respectivement des traités internationaux (1), de la Constitution (2) et des lois de procédure pénale (3).

3.2.1 ARGUMENTS TIRÉS DES ACCORDS ET TRAITÉS INTERNATIONAUX

La base juridique du double degré de juridiction est, avons-nous dit, le Pacte international relatif aux droits civils et politiques que la République Démocratique du Congo a ratifié le 1er novembre 1976.

Or, l'article 215 de la Constitution stipule que « les traités et accords internationaux régulièrement conclus ont, dès leur publication, une autorité supérieure à celle des lois, sous réserve pour chaque traité ou accord, de son application par l'autre partie », donc entrant ainsi dans l'arsenal juridique congolais, cet instrument international requiert une autorité supérieure à toute loi, fût-ce la Constitution.

Il est clair que cet article consacre la primauté du droit international sur le droit interne. Sur un plan d'analyse doctrinale beaucoup plus large encore, des grands noms se précipitent derrière cette opinion. En effet, il a été soutenu depuis assez longtemps, notamment par Michel Virally, que *« la supériorité du droit international est inhérente â la définition même de ce droit et s'en déduit immédiatement. Tout ordre juridique confère aux destinataires de ses normes des droits et pouvoirs juridiques...; il leur impose des obligations, qui les lient. Par la même, tout ordre juridique s'affirme supérieur à ses sujets, ou bien il n'est pas… Le droit international est inconcevable autrement que supérieur aux Etats, ses sujets. Nier sa supériorité revient â nier son existence* [15] *».*

Commentant l'article 26 de la Convention de Vienne sur le droit des traités de 1969, Dominique Carreau soutient dans ce même ordre d'idées que le « principe de supériorité signifie que le droit international l'emporte sur l'ensemble du droit interne, qu'il s'agisse des normes *constitutionnelles,* législatives, règlementaires ou des décisions judiciaires ».

Cette position a également été soutenue par la jurisprudence internationale [16]. D'ailleurs, cette dernière a élevé le droit communautaire au même titre que le droit international[5]. Dès lors, il est clair que les instruments internationaux auxquels la République démocratique du Congo est partie s'appliquent directement dans l'ordre interne congolais et les Cours et Tribunaux ont le droit et le devoir de les appliquer.

En d'autres termes, Il s'ensuit que le droit de double degré de juridiction est un droit hérité des instruments internationaux par le biais des accords conclus entre les Etats Parties, et par conséquent, il s'applique à tous les citoyens, y compris les justiciables de la Cour constitutionnelle qui sont citoyens congolais et à qui s'appliquent toutes les lois en vigueur sur le territoire congolais.

Nous pouvons donc conclure avec Ivon Mingashang que « *L'exigence de matérialisation du procès équitable se prolonge tout autant au niveau de l'exercice des voies de recours. Un procès équitable doit non seulement offrir au justiciable des*

[5] Sentence arbitrale dans l'Affaire du Montigo (Etats Unies d'Amérique c/ Colombie), 1875 ; Sentence arbitrale dans l'Affaire Georges Pinson (France c/ Mexique), 1928 ; CPJI, *Avis sur le traitement des polonais à Dantzig*, Avis du 4 février 1932, Série A/B n°44, p. 24 ; C.J.C.E., Affaire 6-64 Costa c/ E.N.E.L. du 15 juillet 1964, Rec. 1964, p. 1160 et s.; C.J.C.E., Affaire 11-70 Internationale Handelsgesellschaft, Rec. P. 1125 ; CJCE, Affaire 9-65 San Michele, Rec. 1965, p. 37. Lire à cet effet : CARREAU, D., *op.cit*, pp. 44 et s ; FAVOREU, L., « Souveraineté et supra constitutionnalité », *Pouvoirs*, 1993, p. 76 ; COHEN–Jonathan, G., *La Convention européenne des droits de l'homme*, Presses Universitaires d'Aix Marseille, Economica, Paris, 1989, pp.246 et s.

possibilités matérielles de comparution en personne ou par un défenseur de son choix, mais également celles lui permettant de contester la décision dans la mesure où il l'estimerait préjudiciable à ses intérêts et injuste, c'est-à-dire, le droit au recours effectif » [17].

3.2.2 ARGUMENTS TIRÉS DE LA CONSTITUTION

Les arguments tirés de la Constitution pour stigmatiser les atteintes au principe du double degré de juridiction peuvent être formulés en termes de la garantie du droit au recours (1), les exigences inopérantes d'état de siège et d'état d'urgence (2) et la protection contre toute révision constitutionnelle (3).

3.2.2.1 DROIT AU RECOURS

L'article 21 de la Constitution stipule que « …*Le droit de former un recours contre un jugement est garanti à tous…* »

Il est bien clair que l'idée de recourir à un second juge est une émanation constitutionnelle et que par, application du principe de suprématie matérielle de la Constitution, on ne saurait déroger à cette règle sous peine d'être déclarée inconstitutionnelle. Cet donc à juste titre qu'il y a lieu de considérer que la formulation de ce principe n'admet pas de restriction, c'est-à-dire la possibilité donnée à une loi d'instituer une juridiction siégeant en premier et dernier ressort. [18]

KASAKA kia NGOY, l'a si bien compris qu'il déclare que « *le double degré de juridiction, le droit d'appel, ne constitue pas une simple règle de procédure, il est un droit fondamental de l'organisation de la justice* » [19].

Or, d'après FAVOREU, l'expression « droit fondamental » constitue un concept assez récent pour la plupart des systèmes juridiques dans lesquels il n'a pratiquement pas existé. Ceux des chercheurs qui ont contribué à faire connaître la notion proposé de l'utiliser de manière commode pour désigner des droits et des libertés qui n'étaient plus seulement des libertés publiques « dès l'instant qu'il recevait une protection constitutionnelle et internationale alors surtout que l'utilisation en droit international de l'expression « *fundamental rights* » renforçait ». L'appellation des « droits fondamentaux » il s'agit donc de considérer que l'expression droits fondamentaux signifie les droits et libertés protégés constitutionnellement [20].

3.2.2.2 ETAT DE SIÈGE ET ÉTAT D'URGENCE

D'après l'article 61, point 5 renchérit en disant que « dans aucun cas, et même lorsque l'état de siège et l'état d'urgence aura été proclamé conformément aux articles 85 et 86 de ladite constitution, il ne peut être dérogé aux droits et principes fondamentaux parmi lesquels le droit de la défense et le droit de former un recours ».

L'état de siège est un dispositif juridique généralement mis en œuvre par le gouvernement en cas de péril imminent (insurrection armée ou invasion étrangère) pour la nation. Il comprend plusieurs dispositions comme le remplacement de la police par l'armée pour la sécurité publique ; la forte restriction de certaines libertés de l'État de droit (circulation, manifestation, expression), le contrôle des médias sont contrôlés, l'entrée en vigueur du couvre-feu sur le territoire concerné par l'état de siège, la décision de la mobilisation nationale, le remplacement des tribunaux civils par des tribunaux militaires et la surveillance accrue de la population [21]. L'état d'urgence est une mesure prise par un gouvernement en cas de péril imminent dans un pays. Dans une telle situation, certaines libertés fondamentales peuvent être restreintes, comme la liberté de circuler, la liberté de la presse, liberté de manifestation… Contrairement à la deuxième notion, ces libertés seront sous autorité inhabituelle d'où la définition de l'état de siège.

Mamoutou Tangara disait, à propos, que « *L'on peut donc comprendre aisément que si, pour des raisons ultimes à la sauvegarde de la vie nationale, on doit restreindre des droits et libertés importants des citoyens, à travers l'état d'urgence et l'état de siège, la Constitution interdit de toucher au droit de former recours contre une décision. Autant dire que le droit au double degré reste, sans précédent, un droit fondamental.* » [22]

Ce n'est donc pas sans raison que Didier Pire rappelle que le droit d'appel est un droit fondamental. [23]. A l'internaute Emma qui postait qu'« *Il me semble que le droit d'appel n'est pas un droit fondamental (non reconnu d'ailleurs par la Convention européenne des droits de l'homme). D'ailleurs, les exemples qui ne prévoient pas d'appel sont nombreux : Cour d'assises, justice de paix et tribunal de police (sous un certain montant), etc. D'ailleurs, l'article 616 du Code judiciaire dispose :'Tout jugement peut être frappé d'appel sauf si la loi en dispose autrement'.* » ; L'auteur a bien voulu préciser ce qui suit : « *Notre internaute a raison de préciser que le droit d'appel n'est pas reconnu comme tel par la Convention européenne des droits de l'homme, en tout cas en matière civile. Il n'en reste pas moins que le législateur belge a prévu que le droit de faire appel existe en principe, et que ce n'est que lorsque la loi dit le contraire que l'appel n'est pas possible. C'est en ce sens que l'on peut parler, pour faire*

bref, de « droit fondamental » : *il s'agit en effet, à tout le moins, d'un droit de principe, auquel il ne peut être apporté des limitations que pour des motifs appréciés strictement. En matière pénale, ce caractère fondamental est consacré par l'article 2 du Protocole n° 7 à la Convention européenne des droits de l'homme, que la Belgique n'a toutefois pas ratifié pour l'instant. En revanche, l'article 14, § 5, du Pacte international relatif aux droits civils et politiques, qui lie la Belgique, prévoit aussi ce droit au double degré de juridiction en matière pénale mais, lors de la ratification de cette Convention, la Belgique a fait notamment la réserve suivante sur ce point : « [le paragraphe 5 précité] ne s'appliquera pas aux personnes qui, en vertu de la loi belge, sont déclarées coupables et condamnées en seconde instance à la suite de leur acquittement en première instance, ou qui, en vertu de la loi belge, sont directement déférées à une juridiction supérieure telle que la Cour de cassation, la cour d'appel, la cour d'assises ». En dehors de ces hypothèses, justifiées par les particularités des procédures concernées, le droit d'appel en matière pénale est un droit de l'homme, un « droit fondamental* » [29].

3.2.2.3 RÉVISION CONSTITUTIONNELLE

Aux termes de l'article 220 de la Constitution, « …*Est formellement interdite toute révision constitutionnelle ayant pour objet ou pour effet de réduire les droits et libertés de la personne ou de réduire les prérogatives des provinces et des entités territoriales décentralisées* ».

A la lecture de cet article que d'aucuns qualifient de « disposition intangible ou verrouillée » et que BOSHAB proclame de « clause d'éternité », on découvre que les matières dont il fait l'objet sont si importantes pour la vie des personnes et de toute la nation qu'elles ne peuvent faire l'objet d'aucune révision, quoi de plus normal.

Cependant, après connaissance du second alinéa de cet article, on est tenté de croire que s'il est interdit la révision ayant pour effet de réduire les droits et libertés de la personne, la loi-mère elle-même ne peut se contredire en refusant aux justiciables de la Cour Constitutionnelle de bénéficier du double degré de juridiction ; en le faisant, elle renonce à ce qu'il interdit de modifier, et, partant n'obéit pas au principe de constitutionnalisme [24] dont « l'idée fondamentale est la limitation du pouvoir des gouvernants par des règles de droit afin d'éviter l'autoritarisme et de garantir la protection des droits humains » [6][25] car « … toute société dans laquelle la garantie des droits n'est pas assurée ni la séparation des pouvoirs déterminée n'a pas de Constitution » [26] .

Si donc MBATA [27] se référant certainement à NWABUEZE, B.O [28]., attribue au constitutionalisme trois facettes, à savoir l'existence d'une Constitution limitant les pouvoirs des gouvernants, la séparation des pouvoirs et la protection de la personne humaine, on peut conclure que, contrairement à ce que veut l'article 165 de la Constitution, il serait injuste que le Chef de l'Etat, le Premier Ministre ainsi que les autres personnes qui sont attraites devant la Cour Constitutionnelle ne se voient privés de leur droit fondamental consistant à former un recours contre toute décision de justice.

3.2.3 ARGUMENTS TIRÉS DE LOIS DE PROCÉDURE

Considérant les lois de procédure, les arguments à avancer peuvent prendre en compte l'égalité de tous devant la loi (1), la participation criminelle (2), le défaut d'une des parties au procès (3) et l'action civile devant l'instance publique (4).

3.2.3.1 EGALITÉ DE TOUS DEVANT LA LOI

Aux termes de l'article 21 de la Constitution « …*Le droit de former un recours contre un jugement est garanti à tous. Il est exercé dans les conditions fixées par la loi* »

Le terme « tous » utilisé dans le texte ci-dessus signifie tous les citoyens de la République. Or, aussi bien le Chef de l'Etat, le Premier Ministre et les personnes qui les suivraient dans une affaire devant la Cour Constitutionnelle sont des citoyens au même titre que les autres. D'ailleurs, d'aucuns qualifient le Président de la République de « premier citoyen » ; on dirait mieux autrement qu'il n'est pas plus citoyen que les autres mais qu'il est le « *primus inter pares* », c'est-à-dire « le premier parmi les

[6] L'expression a été utilisée pour la première fois par Charles EISENMANN en 1928 dans sa thèse et adoptée par FAVOREU. Devenu un concept universellement applicable à toutes les sociétés humaines, le constitutionalisme renferme néanmoins une certaine philosophie qui se veut libéral et que dans la fidélité aux enseignements de Montesquieu, l'article 16 de la déclaration française des droits de l'homme et du citoyen de 1789 avait parfaitement exprimé « Toute société dans laquelle la garantie des droits n'est pas assurée ni la séparation des pouvoirs déterminée n'a pas de Constitution »

égaux ». Il apparaît très curieux que le « premier citoyen » ne possède pas les droits dont les reste des citoyens jouissent – la RDC en comptent plus de 80.000.000 -.

Par ricochet, les personnes énumérées par la Constitution devraient bénéficier de tous les droits fondamentaux comme les autres citoyens de la République. Hélas ! Pourquoi donc, soustrairait-on cette catégorie des citoyens de la protection que leur garantissent les instruments juridiques ? Aucune raison n'a été avancée et ne pourrait tenir quant à ce.

Surabondamment, l'article 168 sus-vanté note parmi les causes de traduction des justiciables de la Cour constitutionnelle « les violations graves et caractérisées des Droits de Homme » Et, alors, lorsque la même Constitution ne reconnaît pas à ces personnes leur droit le plus fondamental de former un recours contre un jugement qui les condamnerait, ne viole-t-elle pas, à son tour, les Droits de l'Homme » ? La réponse est, certes, affirmative.

LUZOLO et BAYONA notent que « *les règles de procédure pénale tout en visant à assurer la répression du coupable doivent en même temps veiller à ce que les droits de la défense soient sauvegardés. Quelque grave que soit l'infraction commise, rien ne peut justifier la privation à son auteur du droit de la défense et des voies de recours »* [29].

KAMUKUNY est clair et martèle quant à ce, lorsqu'il soutient que « *tout citoyen mérite de vivre dans un Etat de droit et tout pays a l'obligation d'appliquer ces lois de manière juste et efficace autant à l'égard de ses citoyens que vis-à-vis de ses propres dirigeants* » [30].

Pour ces auteurs, aussi bien les citoyens que les dirigeants doivent se voir protégés par le Droit. Car, bien souvent, on est unanime de réclamer des obligations de la part des dirigeants mais jamais on ne leur reconnaît des droits. Faut-il rappeler ici que les droits des uns doivent être les obligations des autres, et, inversement, car les deux marchent de pair comme étant une médaille avec revers ou pile et face ou comme une feuille de papier avec recto et verso.

3.2.3.2 PARTICIPATION CRIMINELLE

Aux termes de l'article 165, « … *sont reconnus auteurs, co-auteurs ou complices de violations graves et caractérisées des Droits de Homme, de cession d'une partie du territoire national* ».

Le texte qui définit l'acte punissable montre que le sujet de l'infraction fait partie des éléments constitutifs de toute infraction. Si la lecture du code pénal laisse généralement penser à un seul agent, auteur du fait délictueux ; la réalité, par contre, est que très souvent l'infraction est l'œuvre de plusieurs personnes. C'est la prise en compte de cette réalité qui a conduit le législateur à définir la participation criminelle. Celle-ci est réalisée lorsque plusieurs personnes ont contribué à la réalisation d'une infraction en y prenant une part plus ou moins active et directe [31].

Il nous semble que dans l'esprit du législateur cette idée n'était pas toujours prête dans l'esprit de législateur qui, lui visait le Chef de l'Etat et le Premier Ministre mais s'arrête tout simplement à évoquer les coauteurs de façon générique.

Or, les infractions pour lesquelles ces personnes sont déférées devant la haute Cour sont souvent des crimes de masse commis en corréité. D'ailleurs, déjà la Constitution parle d'une part, des « les violations graves et caractérisées des Droits de Homme », ce qui présuppose qu'un bon nombre de co-auteurs ou complices peuvent se retrouver, outre le Chef de l'Etat et le Premier Ministre, certains membres du gouvernement, de l'armée, de la police et les militants du pouvoir ; et, d'autre part, de « la cession d'une partie du territoire national », ce qui présuppose une certaine implication des chefs coutumiers, des provinces,…

La participation criminelle est prévue par les articles 21 à 23 du notre code pénal congolais et peut revêtir deux formes la corréité ou la coactivité, lorsque la contribution s'avère directe ou indispensable et la complicité, lorsque l'aide apportée, sans être nécessaire, est néanmoins utile.

Il s'ensuit qu'empêcher les personnes qui ont été entrainées, à tort ou à raison, soit comme co-auteurs ou soit comme complices, dans les actions intentées contre les justiciables de la Cour Constitutionnelle, de leur droit de former recours est fondamental fatal.

3.2.3.3 DÉFAUT D'UNE DES PARTIES AU PROCÈS

Les articles 88 à 95 du code procédure pénale organisent la procédure de défaut. La question que l'on peut se poser à cette étape est de savoir qu'adviendra-t-il si un justiciable régulièrement invité par la Cour constitutionnelle n'arrivait pas à se présenter à l'audience est qu'il soit condamné par défaut ?

On sait que lorsqu'à l'appel de la cause, une partie qui y a été régulièrement citée ne comparait pas en personne ni par un représentant, la juridiction saisie peut procéder à l'instruction de la cause par défaut. Si la décision qui interviendra lui fait grief, la partie défaillante peut former opposition devant la juridiction même qui a rendu ladite décision et l'obliger à réexaminer l'ensemble du litige qui lui était soumis.

La faculté de faire opposition est un droit qui ne peut être dénié ni au prévenu, ni au civilement responsable, ni à la partie civile, c'est- à - dire que le juge ne peut pas exiger du défaillant les raisons de son défaut, car il n'en juge pas l'opportunité. D' où dès qu'une partie a fait défaut dans une procédure qui a conduit au jugement ou arrêt qu'elle croit lui avoir fait grief, elle peut faire opposition.

Mais, la réserve à faire est que cette voie de recours peut être utilisée comme un moyen dilatoire par une partie qui désire allonger les débats pour peut-être en tirer un profit ultérieur (par exemple, pour le prévenu, arriver à la prescription de l'action publique). Voilà pourquoi l'opposition doit être motivée, c'est-à-dire que l'opposant (qui peut être soit le prévenu, soit le civilement responsable, soit la partie civile, et jamais le Ministère Publique, étant donné que son défaut est inconcevable), doit donner les raisons qui les fondent à former opposition ou préciser les griefs à lui faits par ce jugement. Il doit faire ou dans l'actes d'opposition ou bien dans l'exploit de signification de l'opposition qui sera lancé par l'huissier ou le greffier ; sinon son recours sera déclaré irrecevable.

Néanmoins, en cas où l'opposition est justifiée, la juridiction procède à un nouvel examen de la cause. Or, dans le cas de figure la Cour Constitutionnelle n'admet aucun recours. La conséquence immédiate est qu'en cas de défaut d'une des parties, la concernée est arrêtée dans son action, ce qui viole, une fois de plus, son droit fondamental.

3.2.3.4 ACTION CIVILE DEVANT L'INSTANCE PUBLIQUE

Dans un autre registre, on doit se rappeler qu'il n'y a pas que les prévenus devant une juridiction : on peut y retrouver aussi les parties civiles et les civilement responsables, et ce conformément à la loi. En effet, aux termes de l'article 69 du code de procédure pénale, « *Lorsque la juridiction de jugement est saisie de l'action publique, la partie lésée peut la saisir de l'action en réparation du dommage en se constituant partie civile …*».

Il s'ensuit deux hypothèses : dans la première la partie civile peut réclamer les dommages et intérêts au prévenu poursuivi ; dans la seconde, la partie civile peut formuler ses prétentions à l'endroit de la partie civilement responsable devant répondre des dommages en lieu et place du prévenu.

Etant donné que la décision à intervenir sera en premier et dernier ressort, on peut comprendre ainsi qu'elles n'ont pas non plus droit à un recours, ce qui est une violation des leurs droits les plus fondamentaux : la contestation peut porter aussi bien sur le taux de la peine que celui des intérêts civils.

4 NECESSITE DU RESPECT DU DOUBLE DE DEGRE DE JURIDICTION

Eu égard à ce qui précède, nous pensons, pour notre part, qu'il est injuste de refuser aux justiciables de la Cour Constitutionnelle le bénéfice du double degré de juridiction et qu'en rechange, il y a nécessité d'y trouver des solutions palliatives (2) ; avant d'y arriver, il sied de relever quelques décisions de la Haute Cour en la matière (1).

4.1 ETAT DE JURISPRUDENCE

L'épineuse de la violation du principe du double degré de juridiction a déjà fait figure d'école en République Démocratique du Congo.

4.1.1 ARRÊT. CONST. 212/216/2016

Dans l'affaire de 96 magistrats révoqués en 2009, les concernés ne cessent de réclamer leur habilitation et attendent d'être notifiés par le Gouvernement congolais. Ces magistrats avaient saisi les instances judiciaires supranationales comme la Cour Africaine des Droits de l'homme et des Peuples pour trancher leur cas et ils avaient gain de cause.

Cependant, au niveau national, Me Jean Kabengela Ilunga, Avocat avait introduit une requête en inconstitutionnalité démontrant l'inconstitutionnalité de la loi organique N°15/024 du 1er août 2015 modifiant et complétant la loi organique N° 06/02 du 10 octobre 2006 portant statut des magistrats en son article 61, al 4, point 3, dispositions qui violent l'article 19 de la Constitution.

Réservant une suite, Alexis Thambwe Mwamba, Ministre de la justice avait reconnu que la loi incriminée était venue après six ans de révocation et que la prise à partie n'était pas cause de leur révocation mais entraînait simplement l'annulation de son œuvre.

Pour lui, les magistrats révoqués à la suite de la condamnation à la prise à partie doivent d'office intégrer la magistrature nonobstant la flétrissure consécutive à cette condamnation. Ce qui expliquerait l'Arrêt R. Const. 212/216/2016 du juin 2016 réhabilitant les magistrats révoqués le 15 juillet 2009 et saluant la réaction favorable du Ministre dans sa lettre d'accusé de réception adressée aux Président et Hauts magistrats de la Cour Constitutionnelle.

En l'espèce, disait-il « Je suis en possession de la copie libre de l'Arrêt. Const. 212/216/2016 du juin 2016 de la Cour Constitutionnelle qui déclare non conforme à la Constitution l'article 61, al 4, point 3 de la loi organique portant statut des magistrats, en ce que la révocation opérée au regard de la condamnation à la prise à partie prive de magistrat du droit de se défendre et de faire recours de la décision disciplinaire. Je note que les arrêts de la Cour ne sont pas susceptibles de recours et s'imposent à tous » [32].

Tel que l'on peut le découvrir dans le commentaire de l'affaire de 96 magistrats révoqués, la Cour Constitutionnelle a un arrêt qui s'impose par une interprétation correcte en reconnaissant que la loi évoquée violait quelques principes fondamentaux, et partant, était inconstitutionnelle. Ce qui n'est pas le cas dans le second exemple.

4.1.2 RP. 003/CR, R. CONST. 128/TSR ET R. CONST.069/ TSR

Dans ces affaires, rapporte WETSH'OKONDA KOSO, [33] les poursuivis devant la section judiciaire de la CSJ, selon une procédure de flagrance en vertu de l'ordonnance loi n°78/ 001 du 24 février 1978 relative à la répression des infractions intentionnelles flagrantes avaient soulevé une exception d'inconstitutionnalité au motif qu'en prévoyant qu'il soit jugé en premier et dernier ressort, cette ordonnance-loi les privait du bénéfice du double degré de juridiction prévu aux articles 21, al.2 et 61, point 5 de la Constitution.

Conformément au régime juridique de l'exception d'inconstitutionnalité, dans son arrêt avant dire droit N° RP 003/C4R du 27 mai 2010, la section judiciaire de la Haute cour (CSJ) avait ordonné la surséance de l'instruction de la cause en attendant que les sections réunies de la même cour par elle saisie ne vident cette exception d'inconstitutionnalité.

L'auteur trouve cette procédure, mais, c'est plutôt la décision de celle-ci qui l'a inquiété. Car, poursuit-il, pour ces sections réunies de la CSJ, s'agissant du caractère non dérogeable du droit du recours, l'article 61 point 5 vise uniquement l'hypothèse d'une voie de recours déjà prévue par la loi et dont on ne peut priver une partie au procès même en période d'état d'urgence proclamé. Il ne signifie pas que dans toutes procédures les parties peuvent exercer les voies de recours même lorsque la loi ne le prévoit pas.

D'après lui, que la CSJ n'a pas du tout rencontré les moyens des requérants, car, il y a lieu de relever que la question de fond qui s'est posée dans l'espèce est celle de savoir si le pouvoir législatif a ou non le pouvoir d'écarter le bénéfice du double degré de juridiction, notamment en cas d'état d'urgence ou d'état de siège. La réponse à cette question, à son avis, ne peut être que la négative, les termes de l'article 61, point 5 étant très éloquents à cet égard lorsqu'il dit « En aucun cas, et même lorsque l'état de siège ou l'état d'urgence aura été proclamé conformément aux articles 85 et 86 de la présente constitution, il ne peut être dérogé aux droits et principes fondamentaux énumérés ci-après (…) les droits de la défense et le droit de recours ».

Il conclut que cette interprétation est confirmée par l'article 156, al 2 de la même Constitution aux termes duquel « En temps de guerre ou lorsque l'état de siège ou d'urgence est proclamé, le président de la République, par une décision délibérée en Conseil des ministres, peut suspendre sur tout ou partie de la République et pour la durée et les infractions qu'il fixe, l'action répressive des cours et tribunaux de droit commun au profit de celle des juridictions militaires. Cependant, le droit d'appel ne peut être suspendu ».

4.2 LEGE FERENDA : VOIES DE SORTIE

Etant donné l'importance du double degré de juridiction, nous proposons, *de lege ferenda,* deux voies de sorties pour qu'il soit respecté : la suppression de privilège de juridiction (1) et la création d'une chambre d'appel au sein de la Cour Constitutionnelle (2).

4.2.1 SUPPRESSION DE L'INSTITUTION PRIVILÈGE DE JURIDICTION

Supprimer le privilège de juridiction revient à instaurer l'égalité de tous devant la loi. Ce principe signifie que « *toute personne a une égale vocation à être jugé par les mêmes juridiction et selon les mêmes règles de procédure, sans la moindre discrimination. Il implique que chacun puisse avoir la possibilité de saisir la justice pour faire valoir ses droits* » [34].

Pour histoire, le principe de l'égalité devant la justice, qui paraît naturel, se comprend mieux par référence à la situation qui existait dans l'ancien droit français. Sous l'ancien régime, il existait en effet, des privilégiés de juridictions : selon la classe sociale à laquelle le plaideur appartenait (clergé, noblesse), il était jugé par des juridictions différentes. Cette discrimination que le législateur révolutionnaire a entendu abolir en décidant, dans l'article 16 du titre II de la loi des 6 et 24 août 1790, que tout privilège en matière de juridiction est aboli ; tous les citoyens sans distinctions, plaideront en la même forme et devant les mêmes juges, dans les mêmes cas.

Il y a quelques années, à l'occasion d'un litige opposant le Sunday Times au Royaume-Uni, la Cour européenne des droits de l'homme de Strasbourg a précisé « compte tenu de la place centrale occupée par l'article 6 de la Convention (par le droit au procès équitable) qui consacre la place fondamentale de la prééminence du droit… l'expression des autorités ou pouvoir judiciaire (art.10,al 2) reflète notamment l'idée que les tribunaux constituent les organes appropriés pour apprécier les droits et obligations juridiques pour statuer sur les différends. Reconnaître ainsi la légitimité pour tout justiciable de voir ses différends portés devant les juridictions d'un Etat, c'est admettre l'idée que tous les justiciables ont un droit égal à être jugés naturellement par des juridictions puisqu'elles sont les mêmes pour tous.

Fort de cet argument, nous proposons que le législateur supprime purement et simplement l'institution de privilège de juridiction pour permettre à tous de répondre de leur grief devant le même juge et la même juridiction, dans les mêmes conditions.

Tel a été notamment l'avis de MBUYI TSHIMBADI, qui après avoir constaté l'entorse portée au préjudice des bénéficiaires des privilèges de juridictions devant la CSJ, tant à la Constitution qu'aux traités internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme, notamment à la Charte africaine des droits de l'homme et des peuples, consacrant le principe de double degré de juridiction, relevait le risque que court la RDC « *de se voir interpellé à Banjul/ Gambie par la Commission africaine des droits de l'homme et des peuples pour avoir manqué à l'observance des normes internationales librement consenties…* ». Ainsi, en bon patriote, pour éviter ces sombres perspectives à son pays, au nom du ''principe de la primauté du droit à la base de tout Etat de droit et démocratique, préconisait-il l'abrogation des dispositions relatives aux privilèges de juridictions surtout lorsqu'ils doivent déboucher sur des arrêts rendus en premier et dernier ressort. [35].

Dans le même ordre d'idées, Odya renchérit en parlant de l'évocation en rappelant que « *dans la manière dont sa procédure pénale organise les institutions de privilège de juridiction et d'évocation, la République Démocratique du Congo viole ses engagements internationaux. Il est dès lors important que le législateur crée l'harmonie dans ses textes, en envisageant la possibilité d'organisation d'une chambre d'appel au sein de la section judiciaire de la Cour de cassation et en supprimant purement et simplement la procédure d'évocation en matière pénale. Le juge supérieur qui se trouverait dans la situation de l'article 107 du code de procédure pénale, serait alors tenu de renvoyer l'affaire à la juridiction naturelle autrement composée* » [36].

4.2.2 CRÉATION D'UNE CHAMBRE DE RECOURS OU D'APPEL AU SEIN DE LA JURIDICTION

Le double degré de juridiction ou droit d'appel est celui qui tend à faire réformer ou annuler par la cour d'appel un jugement rendu par une juridiction du premier degré. La voie de l'appel est ouverte en toutes matières, même gracieuses, contre les jugements de première instance s'il n'en est autrement disposé. Il s'agit d'un « *principe général de procédure qui consacre une garantie essentielle aux intérêts des plaideurs et à l'intérêt supérieur de la justice* » [37].

Ce principe ou règle est considéré comme une *« garantie de bonne justice et en même temps une sauvegarde des libertés publiques* » [38]. Il est destiné, en aval d'une procédure civile dont le but primordial est d'éviter l'erreur judiciaire, à réparer cette dernière dans le cas où elle se produirait.

A considérer les normes européennes du procès équitable consacrent le droit à un recours juridictionnel effectif, qui n'est d'ailleurs pas absolu, et non le droit à un double degré de juridiction ou même à un pourvoi en cassation. Ainsi, la Cour européenne des droits de l'homme [39] « *rappelle que l'article 6 § 1 consacre le « droit à un tribunal », dont le droit d'accès, à savoir le droit de saisir le tribunal en matière civile, ne constitue qu'un aspect. Ce droit n'est toutefois pas absolu : il se prête à des limitations implicitement admises car il commande de par sa nature même une réglementation par l'Etat. Les Etats contractants jouissent en la matière d'une certaine marge d'appréciation. Il appartient pourtant à la Cour de statuer en dernier*

ressort sur le respect des exigences de la Convention ; elle doit se convaincre que les limitations mises en œuvre ne restreignent pas l'accès offert à l'individu d'une manière ou à un point tels que le droit s'en trouve atteint dans sa substance même. En outre, pareille limitation ne se concilie avec l'article 6 § 1 que si elle tend à un but légitime et s'il existe un rapport raisonnable de proportionnalité entre les moyens employés et le but visé » [40].

Quoique classiquement enseigné comme une règle fondamentale de la procédure civile, « *le principe du double degré de juridiction n'a cependant pas, en lui-même, valeur constitutionnelle* ». [41].

A en revanche valeur constitutionnelle le droit au recours effectif devant une juridiction. [42] « Selon le Conseil constitutionnel, relève un auteur [43], il résulte de la garantie des droits disposée à l'article 16 DDHC qu'en « *principe il ne doit pas être porté d'atteintes substantielles au droit des personnes intéressées d'exercer un recours effectif devant une juridiction* ». L'expression « droit d'exercer un recours » est ambiguë. Une analyse globale de la jurisprudence du Conseil constitutionnel révèle que la formule vise le droit à un recours devant une juridiction de premier degré, et non le droit d'agir devant un second juge à titre de contrôle du jugement (...). Le Conseil constitutionnel exige une voie de recours ainsi que son caractère au moins exceptionnellement suspensif d'exécution, seulement contre des décisions d'organes non juridictionnels ».

Bien que dépourvue de valeur constitutionnelle dans la jurisprudence du Conseil constitutionnel français, la règle du double degré de juridiction « ne reste pas sans valeur constitutionnelle »[7].

Le Conseil d'Etat français n'ignore pas la valeur de la règle[8]. Il lui a reconnu le statut de principe général du droit. [44] Mais il ne lui confère pas une portée telle qu'elle interdirait au législateur, comme au pouvoir réglementaire, d'y apporter des exceptions : « *Considérant que si, lorsqu'un texte ouvre la voie de l'appel à l'encontre d'un jugement, la règle du double degré de juridiction s'impose aussi bien aux justiciables qu'aux juges eux-mêmes, cette règle ne constitue pas un principe général du droit qui interdirait au pouvoir réglementaire de prévoir, dans l'exercice de sa compétence, des cas dans lesquels les jugements sont rendus en premier et dernier ressort* » [45].

La Cour de cassation française reconnaît la règle du double degré de juridiction et l'applique. Ainsi le fait-elle pour veiller à ce que des éléments nouveaux suffisants justifient la mise en cause d'une partie pour la première fois devant la cour d'appel en application de l'article 555 du NCPC[9]. S'assurer que les griefs formulés en cause d'appel contre une partie ne portent pas atteinte à ce droit. [46] Elle l'a jugé notamment en matière de condamnation de l'employeur à rembourser à l'ASSEDIC les allocations de chômage versées à un salarié licencié sans cause réelle et sérieuse. [47] ainsi qu'en matière disciplinaire. [48] Elle considère, toutefois, que « *les dispositions de l'article 6, 1°, de la Convention européenne des droits de l'homme et des libertés fondamentales n'impliquent pas un droit au double degré de juridiction en matière civile* ».[10]

---

[7] MOLFESSIS, M., « La protection constitutionnelle du double degré de juridiction », in *Justices* 1996-4, p.17, cité par VINCENT, P. et GUINCHARD, P., *Procédure civile*., 27éme édition, n° 1344-2 ; Dans son avis dans l'affaire n° 03-20.484 tranchée par l'Assemblée plénière de la Cour de cassation le 11 mars 2005 (arrêt n° 525) se prononçant sur l'effet dévolutif de l'appel, l'avocat général, M. CEDRAS, émettait les considérations suivantes : "*On peut cependant trouver au principe du double degré de juridiction un fondement constitutionnel en l'incluant dans le concept plus large de « droits de la défense », dont vous avez affirmé le caractère constitutionnel (Ass. plén., 30 juin 1995, Bull. n° 4). Le Conseil constitutionnel avait auparavant affirmé que « les droits de la défense… résultent des principes fondamentaux reconnus par les lois de la République » (D.C. 80-127 des 19 et 20 janvier 1981, Sécurité et Liberté, Rec., p. 15, considérant n° 52). Pour sa part, la doctrine processualiste place depuis longtemps l'exercice des voies de recours dans les droits de la défense (Motulsky, Ecrits, tome 1, Le droit naturel dans la pratique jurisprudentielle : le respect des droits de la défense en procédure civile, Dalloz 1973, p. 60 s. ; Wiederkehr, Droits de la défense et procédure civile, D. 1989, chr., p. 36 ; Bolard, Les principes directeurs du procès civil : le droit positif depuis Motulsky, JCP 1993-I-3693.*

[8] CE, 31 octobre 1980, n° 11629-11692-11733-11739, publié au Rec. Lebon - à propos des amendes civiles instituées devant les juridictions administratives et le Conseil d'État : "qu'en instituant ces amendes, le Gouvernement n'a porté atteinte à aucun des principes généraux du droit, notamment ceux de l'égalité des citoyens devant la justice et du respect des droits de la défense ; qu'il n'a pas davantage méconnu la règle du double degré de juridiction" ;

[9] Civ 2ème, 11 janvier 2001, pourvoi n° 98-18.195, 98-17.829, 98-19.110, 98-18.881 : "Attendu que l'évolution du litige permettant la mise en cause d'une personne qui n'était pas partie en première instance ou qui y figurait en une autre qualité exige l'existence d'un élément nouveau révélé par le jugement ou survenu postérieurement"

[10] Com., 28 septembre 2004, pourvoi n° 02-17.943, rendu en matière d'appel-nullité : il était fait grief à l'acte de notification d'un jugement par lequel le tribunal statuait sur le recours formé contre une ordonnance du juge-commissaire, de ne pas avoir indiqué qu'un appel-nullité

Le privilège de juridiction, de tous temps, a été l'apanage des plus hautes autorités du pays. Il a été dit et ressassé que ce privilège n'en était pas un tant le principe demeure l'égalité des citoyens devant la justice. Il a été également avancé que ledit privilège était établi pour protéger le juge contre les influences dont il pourrait être l'objet de la part des justiciables les plus fortunés ou ceux occupant les premières places dans la Cité. L'argumentation a fait des émules et même le constituant semble s'être rangé de ce côté-là. La question surgit brusquement lorsque l'on sait que les arrêts de la Cour Constitutionnelle ne sont susceptibles d'aucun recours alors que l'article 61 de la Constitution range le droit de recours parmi les droits indérogeables des citoyens. Il se pose ainsi la question de deux normes constitutionnelles contradictoires [49].

S'appuyant sur cette dernière série d'argumentaires, tirés des expériences du droit comparé et du droit interna, nous pensons, nuancer la première proposition en disant qu'il y a plutôt lieu de créer au sein de la Cour Constitutionnelle une chambre de recours ou d'appel suivant le cas. Ainsi, empruntant la formule en vigueur devant les juridictions internationales, si les arrêts de la Cour Constitutionnelle ne sont pas susceptibles devant une autre Cour, ils seront au moins réformables. La démarche consisterait, en ce moment, à introduire des recours devant la Cour siégeant in plenum alors qu'au premier degré, elle siégerait en une formation ordinaire.

5 CONCLUSION

Le principe du double degré de juridiction est celui qui permet à tout plaideur, mécontent de la décision rendue par les juges en première instance, de voir son affaire rejugée. Le mécanisme qui permet l'application de ce principe est l'appel. L'appel est une voie de recours de droit commun. Cela signifie qu'il est ouvert à tous les justiciables et dans tout procès. Il constitue la garantie d'une justice équitable. Cette procédure vise à faire réformer, c'est-à-dire modifier partiellement, ou annuler, un jugement par une cour dite d'appel. La cour réexamine les faits de l'affaire et le droit qui y a été appliqué. Elle rend ensuite une décision, qui peut donner raison aux premiers juges ou, au contraire, infirmer leur solution.

Toutefois, par dérogation à ce principe, le législateur a parfois écarté la possibilité d'« interjeter appel ». On dit alors que le jugement rendu par le tribunal est rendu en « premier et dernier ressort ». Tel est le cas de la Cour constitutionnelle en République Démocratique du Congo. La conséquence première de cette dérogation est que les justiciables sont privés de droit de recours, ce qui est une entorse à leurs droit fondamentaux garantis tant par les instruments nationaux, régionaux qu'internationaux.

La présente étude, qui arrive à sa péroraison, s'est demandé s'il n'y a pas violation de droit au double degré de juridiction, d'une part et, s'il n'y a pas contradiction dans la Constitution elle-même, d'autre part. Elle a anticipativement conclu que la disposition qui veut que la Cour constitutionnelle rende une décision en premier et dernier ressort pècherait contre le principe fondamental de procès équitable et préjudicierait grandement les justiciables de cette juridiction qui n'ont plus de rempart ; en même temps qu'il subsisterait une contradiction flagrante entre les articles 21 et 165 de la Constitution. Ayant emprunté la méthode juridique soutenue par la technique documentaire, l'étude s'est ventilé en trois chapitre consacrés respectivement, outre l'introduction et la conclusion, à la théorie du double degré de juridiction, les atteintes aux des droits et libertés fondamentaux des justiciables de la Cour constitutionnelle et les pistes de solution.

Au demeurant, il est de notoriété publique que le droit à un double degré de juridiction constitue un droit fondamental constitutionnellement reconnu. Nul ne saurait donc comprendre que la même Constitution qui garantit ce droit à tous les citoyens de la République donne la possibilité à la Cour Constitutionnelle de le méconnaître en statuant « en premier et dernier ressort » à l'égard du Président de la République, du Premier Ministre ou de leurs co-auteurs et complices.

Toute somme, ayant procédé à la lecture de la combinaison des articles 21 et 65, alinéa 5 avec celle de l'article 165 de la Constitution, la présente analyse conclut à une atteinte manifeste du droit au double degré de juridiction et à une contradiction interne de la Constitution. Ainsi, pour sortir de cette impasse, elle propose, *de lege ferenda*, soit que le législateur supprime purement et simplement l'institution de privilège de juridiction qui est à la base de cette situation juridique, ou alors qu'il institue au sein de la Haute Cour une chambre d'appel qui connaîtrait *in plenum* les recours formulés contre une décision rendu au premier degré par la Cour siégeant avec une composition ordinaire, et ce, à l'instar des expériences des juridictions

était exceptionnellement ouvert en cas d'excès de pouvoir ou de violation d'un principe fondamental de procédure, ni précisé le délai et les modalités d'exercice de cette voie de recours

internationales et du droit comparé. Ainsi les justiciables auraient recouvré le droit qui leur est le plus cher et ça c'est serait justice !

RÉFÉRENCES

[1] NYABIRUNGU, *Traité de droit pénal congolais,* éd. Droit et Société, DES, 2011, p.2
[2] VINCENT J., GUINCHARD, S., MONTAIGNIER et VARINARD A., 2005, p.2
[3] LUZOLO B. J. et BAYONA BAMEYA, N., *Manuel de procédure pénale,* PUC*,* Kinshasa, 2010, p. 27
[4] MINCKE, Chr., « Efficacité, efficience et légitimité démocratique du ministère ...2002 »
Disponible sur https://books.google.cd/books?isbn=905867231X consulté le 03 décembre 2018 à 9h05'
[5] DECAUX, E., « Le pacte international relatif aux droits civils et politiques: ... »
Disponible sur *https://books.google.cd/books?isbn=2717854282* consulté le 03 décembre 2018 à 10h07'
[6] Impact de la Convention européenne des droits de l'homme dans les ...
https://books.google.cd/books?isbn=9287183856 consulté le 03 décembre 2018 à 11h11'
[7] Abdessalem Damak, « Le juge pénal et la promotion des droits de l'homme en Tunisie »
Disponible sur *https://books.google.cd/books?id=UiJPAAAAYAAJ* consulté le 03 décembre 2018 à 11h13'
[8] RUBBENS, A., Le droit judiciaire congolais: L'instruction criminelle et la ...
Disponible sur *https://books.google.cd/books?id=ApUpAQAAMAAJ*, p. 200, consulté le 03 décembre 2018 à 12h36'
[9] LUZOLO B. J. et BAYONA BAMEYA, N., *Op.Cit*., p.457
[10] Le principe de double degré de juridiction - Doc du Juriste, disponible sur *https://www.doc-du-juriste.com › ... › Droit administratif › Dissertation,* consulté le 04 décembre 2018 à 10h13'
[11] A.RUBBENS, *Op.Cit.,* p. 276
[12] Décret du 6 août 1959 portant Code de procédure pénale, B.O., 1959, p. 1939, in *Les Codes Larcier, République Démocratique du Congo, Tome I. Droit civil et judiciaire*, Editions 2003, pp. 288-299
[13] *La responsabilité pénale des chefs d'État et de gouvernement*, Paris, Service des affaires européennes du Sénat, 2001 disponible sur *www.senat.fr* consulté le 04 décembre 2018 à 13h08'
[14] MAPUYA KANUNK'a-TSHIABO, *Espoirs et déception de la quête constitutionnelle congolaise. Clés pour comprendre le processus constitutionnel du Congo Kinshasa,* Nancy-Kinshasa, AMA. Ed. BNC, 5005, p.8
[15] VIRALLY, M., « Sur un pont aux ânes : les rapports entre droit international et droits internes », *Mélanges offerts à Henri Rolin*, Paris Editions A. Pédone, 1964, p. 497. V. également KELSEN, H., « La garantie juridictionnelle de la Constitution : la justice constitutionnelle », *Revue du droit public*, 1928, p. 211 et s.
[16] CARREAU, D., *Droit international*, 3e Edition, Pédone, Paris, 1991, p. 42.
[17] MINGASHANG, I., *La mobilisation de l'argument du procès équitable dans le cadre d'une défense devant les cours et tribunaux congolais*, Séminaire de formation des avocats membres du Bureau des consultations gratuites du barreau de Kinshasa-Gombe, dans le cadre du *Programme d'Appui à la Réforme de la Justice* de l'Union européenne - PARJ -, au Centre Béthanie à Kinshasa, le mardi 29 avril 2014, p.20.
[18] Arrêt Munkonkole et Norbert Muteba, CSJ, 8 janvier 2011, R CONST. 128/TSR, cité et commenté par KABEYA VULUKA V, *Droits humains*, Presses Universitaire de Kananga, Kananga, 2012, p. 67
[19] KASAKA kia NGOY, 1987, p. 31
[20] FAVOREU, L. et Alii, *Droit constitutionnel,* 8ème édition, Paris, Dalloz, 2005, pp.787-794
[21] État de siège — Wikipédia disponible sur *https://fr.wikipedia.org/wiki/État_de_siège* consulté le 05 décembre 2018 à 14h00'
[22] maliweb.net - Différence entre l'état d'urgence, l'état de siège et l'état ... disponible sur *www.maliweb.net › Société* consulté le 05 décembre 2018 à 14h10'
[23] PIRE D., « Le droit d'appel, un droit fondamental » - *Justice en ligne* disponible sur *www.justice-en-ligne.be/article152.html* consulté le 05 décembre 2018 à 14h19'
[24] PIRE D., « Précisions sur le caractère fondamental du droit d'appel en matière ... disponible sur *www.justice-en-ligne.be/article165.html* consulté le 05 décembre 2018 à 15h01'
[25] GREGOR, M.J., *Op.Cit.,* p. 69
[26] De VILLIERS, M., *Dictionnaire du droit constitutionnel,* 3ème édition, Paris, Armand Colin, 2001, p. 56, v° contentieux constitutionnel.
[27] MBATA BETUKUMESU MANGU, A., « Constitutions sans constitutionnalisme, démocraties autoritaires, responsabilité sociale des intellectuels en Afrique centrale : quelle voie vers la renaissance africaine ? » in BAKANDEIJA wa MPUNGU,G., MBATA B. MANGU et KIENGE-KIENGE INTUDI,R., (dir), *Participation et responsabilité des acteurs dans un contexte*

d'émergence démocratique en République Démocratique du Congo, Actes des journées scientifiques de la Faculté de Droit de l'Université de Kinshasa, 18-19 juin 2007, Kinshasa, PUK, 2007, p. 5
[28] NWABUEZE, B.O., *Constitutionnalism in the Emergent States*, London, C.Hurst and CO, 1973 p.2
[29] LUZOLO et BAYONA, *Op.Cit.*, p.28
[30] KAMUKUNY MUKINAY, A., *Droit constitutionnel congolais*, EUA, Kinshasa, 2011, p. 315
[31] NYABIRUNGU mwene SONGA, *Op.Cit.*, p.156.
[32] Ministère de la Justice et Droits humains : Les 96 magistrats révoqués ...*https://7sur7.cd/.../ministere-de-la-justice-et-droits-humains-les-96-magistrats-revoque..* Read more at http://acpcongo.com/acp/le-premier-president-de-la-cour-supreme-de-justice-plaide-pour-le-respect-des-droits-de-la-defense/#5KfJ6wWusZDH6oDF.99 consulté le 06 décembre 2018 à 19h01'
[33] WETSH'OKONDA KOSO, *Le contentieux constitutionnel congolais des droits de l'homme du 18 février 2006 au 18 février 2011 : essai de bilan et perspectives d'avenir*, http:// data. Over-blog.com /1/35/48/78/ RD-Congo_2, consulté le 06 décembre 2018 à 19h06'
[34] COULON, J.M. et GRUMBACH, T., *Egalité devant la justice*, Justice, N°1, 2000, p.83 et s ; VRAY, H., *L'essentiel sur les institutions judiciaires*, éd. L'Hermès, 1991, p.19 et s ; TRUCHET, D., *La justice comme service public*, éd. Odlie jacob, 1998, p.31 et s ; J.M. SAUVE, *La justice et la théorie française de service public,* p.65
[35] MBUYI TSHIMBADI, « Requiem pour le double degré de juridiction », in *Les Analyses juridiques*, n°7/ 2005, pp. 78-79
[36] CE, 4 février 1944, Vernon, RD publ. 1944, p. 171, concl. B. Chenot
[37] VILLACEQUE, J., *La charrue avant les boeufs : le projet de suppression de l'effet suspensif de l'appel en matière civile*, Rec. Dalloz 2002, Chroniques, p. 1989
[38] Lettre du Congo: Odya : le droit au double degré de juridiction dans la perspective de la reforme de la procédure pénale en République Démocratique du Congo disponible sur *rencontreweb.com/odya/impression/juridiction.htm* consulté le 06 décembre 2018 à 19h09'
[39] CEDH, 15 juillet 2003, X... et autres c. Belgique, n° 33400/96
[40] Z et autres c. Royaume-Uni [GC], no 29392/95, § 93, CEDH 2001-V ; X... c. Royaume-Uni, arrêt du 28 octobre 1998, Recueil des arrêts et décisions 1998-VIII, p. 3169, § 147 ; X... et Y... c. Allemagne [GC], no 26083/94, § 59, CEDH 1999-I et le rappel des principes pertinents dans X... c. Royaume-Uni, arrêt du 21 septembre 1994, série A no 294-B, pp. 49-50, § 65)in G. Canivet, *Economie de la justice et procès équitable,* Semaine juridique, éd. G, n° 46, novembre 2001, I.361
[41] Conseil constitutionnel, décision n° 2004-491, DC du 12 février 2004, loi complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française
[42] LEMAIRE, F., *Respect du principe à valeur constitutionnelle du droit au recours effectif devant une juridiction*, Semaine Juridique, éd. G, n° 30, 27 juillet 2005, II.10107
[43] EVA FISHER-ACHOURA, Sur les rapports entre le Conseil constitutionnel et les diverses branches du droit - La conformité à la Constitution d'une réforme de l'appel civil, Cahiers du Conseil constitutionnel, n° 16, Etudes et doctrine
[44] CE, 21 février 1968, Rec., p. 123
[45] CE, 17 décembre 2003, n° 258253, Rec. Lebon ; analyse de cet arrêt par E. Royal, Revue de l'Actualité juridique française, disponible sur *http://www.rajf.org/* consulté le 06 décembre 2018 à 00h01'
[46] Civ. 1re, 6 février 2001, pourvoi n° 98-21.787
[47] Soc., 4 avril 2001, pourvoi n° 99-41.651
[48] Civ. 1re, 13 novembre 2002, pourvoi n° 00-21.301
[49] KALUBA DIBWA, D., *Du contentieux constitutionnel en République Démocratique du Congo. Contribution à l'étude des fondements et des modalités d'exercice de la justice constitutionnelle,* Mémoire on line - Doctorat en droit 2010 consulté le 06 décembre 2018 à 19h12'

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1310-1328
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

الإستفادة من الخصائص الجمالية للعناصر الطبيعية وتفعيلها لوضع منهجية علمية لتدريس مقرر تصميم الزجاج الفني

[Benefit of the aesthetic properties of natural elements and activating them to develop a scientific methodology to teach the art of glass design]

Shaimaa Salama Ibrahim Desoki

Lecturer at Faculty of applied art - Glass Department, Helwan University, Egypt

Copyright © 2019 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 ability of God Almighty is manifested in His creation, and is reflected in every eye and every thinking mind. He is the one who created and created the universe around us with the finest creatures. Nature is a powerful witness and proof of the greatness of God's creation. Plants in their colors and types, animals in their sizes and shapes, birds, rocks and salty seas. Fresh lakes, rivers, waterfalls, waterfalls, beaches, flowers and trees are all but simple and limited examples of the magnificence and greatness of the Creator, which is an inspiring source for the artist to innovate and derive his ideas from the exquisite creation of the Creator. In order to develop a scientific methodology to benefit from the natural elements as an inspiring source of the design process to teach the art design, the goal of the research is to reach a scientific methodology that contributes to enrich the design thought of the students by taking advantage of the technical characteristics of the natural elements and improving the creative level of the students in the design course. *Research Methodology:* The research is determined to develop a scientific methodology to benefit from the aesthetics of the natural elements in the teaching of the design of the design. In the course of the design of the artistic glass of the second division of glass department, Faculty of Applied Arts, Helwan University.

KEYWORDS: Design, Glass, Natural, Vase, Scientific Methodology.

مقدمة: تتجلى قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه، وتنعكس لكل عينٍ ترى ولكل عقل يتفكر، فهو الذي صور وأبدع فامتلأ الكون من حولنا بأروع المخلوقات وتعد الطبيعة شاهداً قوياً ودليلاً على عظمة خلق الله، فالنباتات بألوانها وأنواعها ، والحيوانات بأحجامها وأشكالها ، والطيور، والصخور، والبحار المالحة والبحيرات العذبة، والجبال الشاهقة والأنهار وقطرات الماء والشلالات والشواطئ، والأزهار والأشجار ما هي جميعاً إلا أمثلةٌ بسيطةٌ ومحدودةٌ على روعة وعظمة الخالق ،والتي تعتبر مصدرا ملهما للفنان لكي يبدع ويستمد أفكاره من بديع صنع الخالق ،ومن هنا ظهرت *مشكلة البحث:* في الحاجة لوضع منهجية علمية للإستفادة من العناصرالطبيعية كمصدر ملهم للعملية التصميمية لتدريس مادة التصميم الفني ، ليكون *هدف البحث:*الوصول لمنهجية علمية تساهم في إثراء الفكر التصميمي لدي الطلاب من خلال الإستفادة من الخصائص الفنية للعناصر الطبيعية والإرتقاء بالمستوى الإبداعي للطلاب في مقرر التصميم ،وتظهر *أهمية البحث* في:أن يسهم في تيسير وتطوير العملية الإبداعية في تصميم المنتجات الفنية بإتباع منهجية علمية واضحة، *منهجية البحث:* (وصفي _تحليلي)-تجريبي، *حدود البحث :* يتحدد البحث في وضع منهجية علمية للإستفادة من جماليات العناصر الطبيعية فى تدريس تصميم المزهريات الزجاجية Glass Vases ضمن مقرر تصميم الزجاج الفني للفرقة الثانية بقسم الزجاج كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان.

كلمات دلالية: التصميم، الزجاج، الطبيعه، المزهريات، منهجية علمية.

مقدمة:

تعتمد الدراسة الجامعية على التطوير والإبداع والإبتكار ومحاولة الوصول لكل ماهو جديد لتطوير المقررات الدراسية،وذلك من خلال البحث والإطلاع والملاحظة المستمرة لمستوى الطلاب ايجابا وسلبا للتطوير والتحسين،وقد اتهم هذا البحث بالتركيز على رفع الجانب الإبتكاري لدى الطلاب بمقرر تصميم الزجاج الفني،والذي يعتمد على بشكل أساسي على اطلاق العنان للطلاب نحو التصميم الإبداعي للمنتجات الفنية (منتجات القطعة الفنية الواحدة) كالمزهريات الزجاجية-المجسمات النحتية-القواطيع-الأطباق الفنية،وجميع هذه المنتجات تعتمد في تصميمها على الناحية الجمالية في حدود الإمكانيات التقنية ،التي تطورت تطورا كبيرا ومبهرا في الآونه الأخيرة ،وساعدت المصمم في رؤية تصميماته منتجات واقعية ،الأمر الذي يتطلب وضع منهجية علمية لتيسير العملية التصميمية ،ومحاولة الإرتقاء بالجانب الإبداعي لجميع

الطلاب بجميع مستوياتهم ،واهتم البحث بالإستفادة من العناصر الطبيعية لأنها المصدر الأول والأخير الملهم لجميع الفنون والمدارس الفنية ،وسوف يتناول البحث المزهريات الزجاجية تفصيلا كأحد عناصر مقرر تصميم الزجاجي في وضع منهجية لتصميماتها ،الأمر الذي يسهل تطبيقية على كافة المنتجات الفنية الزجاجية.

وبداية قبل البدء في اجراء العملية التصميمية ،لابد من إجراء التعرف على نوع المنتج وخصائصه وعناصره ودراسة كافة تفاصيله للقدرة على الإبتكار والتطوير.

1- المزهريات الزجاجية Glass Vase:

هي إناء أو وعاء مفتوح يستخدم عادة لتوضع فيه الزهور أو الورود بغرض الزينة. تصنع المزهريات الزجاجية بالعديد من الطرق الإنتاجية، وتزين بالنقوشات والرسومات،وهي عبارة عن عمل فني يثري الفراغ المعماري الداخلي بلمسات جمالية من فكر الفنان ويعبر عن أحساسه.

2- مكونات المزهريات الزجاجية

تتكون المزهريات بشكل عام من مجموعة من العناصرالأساسية الهامة :

1-2 الهيئة البنائية للشكل Form

2-2 مظهر السطح Appearance

3-2 طريقة الإنتاج Production

والتي سوف يتم تناولهم بالتفصيل.

1-2الهيئة البنائية للشكل Form

الفورم أوالهيئه الخارجية: وهي الشكل الخارجي التي تظهر بها المزهرية الزجاجية (الكتلة التي تشكل الهيئة الخارجية والمساحة التي تتيح للفنان التعبير عن ذاتيته وأفكاره)،والشكل إما أن يكون هيئة بنائية بسيطة (الأشكال الهندسية المفردة) أو مركبة (من تراكب مجموعة من الأشكال الهندسية) أو حر(وفيه يعبر الفورم عن موضوع العمل الفني وتتحكم فيه بشكل أساسي طرق الإنتاج،حيث يحتاج لطريقة إنتاج أكثر تعقيدا من طرق إنتاج الهيئة البنائية البسيطه أو المركبة.

1-1-2 أنواع الهيئة البنائية للشكل (Form Types)

تتنوع أنواع وأشكال الهيئة البنائية لتصميم المزهريات الزجاجية فمنها الهيئة البنائية البسيطة :والتي يعبر عنها بالأشكال الهندسية البسيطة كالمخروط –الكرة- الإسطوانه –المضلع، والأشكال التالية توضح مرجعية الهيئة البنائية لمجموعة من المزهريات،والإستفادة منها في تصميم الهيئة البنائية للمزهريات.

1-1-1-2 المخروط Cone :

وهو عبارة عن شكل هندسي يركز على قاعدة دائرية وله نهاية دببة، وقد استفاد الكثير من المصممين بالإستعانه بالشكل المخروطي مع التحوير البسيط في نسبه لتصميم منتجاتهم الفنية، ليظهر المخروط الناقص عنصر من عناصر نجاح تصميم المزهريات نظرا لإترانه ومساحته المناسبه التي تمكن الفنان من تصميم مظهر سطح منتجاتهم بشكل مناسب،شكل(1) مجموعة من المزهريات مخروطية الشكل.



شكل(1) مزهريات مخروطية الشكل.

2-1-1-2 الكرة Sphere :

تعتبر الكرة من الأشكال المألوفة في حياتنا، وهي عبارة عن شكل هندسي ثلاثي الأبعاد بحيث تشكل المحل الهندسي لمجموعة من النقاط تبعد بعدا ثابتا عن نقطة معينة في الفراغ ،وقد استخدامها العديد من فناني الزجاج كنصر هام في بناء هيئة منتجاتهم الفنية،إلا أنه لابد من احداث بعض التحوير للشكل وخاصة في تصميم المزهريات الزجاجية بحيث يكون للشكل قاعدة يرتكز عليها وفوهة، شكل(2).



شكل(2) الكره ومزهريات كروية الشكل.

3-1-1-2 الإسطوانة Cylinder :

أي مجسم ينتج من دوران مستطيل حول أحد أضلاعه دورة كاملة، ويسمى محور الدوران بمحور الأسطوانة،وهي من الأشكال الهندسية التي تتيح للفنان مساحة سطح ليعبر عن فكره التصميمي من خلالها،شكل(3)يوضح مجموعة المزهريات الزجاجية ذات الهيئة البنائية الإسطوانية.



شكل(3) الإسطوانه ومزهريات اسطوانية الشكل.

4-1-1-2 المضلع (المتوازي الأضلاع) Cuboid :

شكل رباعي الأضلاع فيه كل ضلعين متقابلين متوازيان. حيث يكون فيه كل ضلعين متوازيين متساويين بالطول وكل زاويتين متقابلتين متساويتين، وقطراه ينصفان بعضهما،وقد استعان الفنانين بهذا الشكل في العديد من تصميمات منتجاتهم،لما له من تعدد الأوجة ومساحة مناسبة تتيح للفنان حرية الإبداع،شكل(4) يوضح مجموعة من المزهريات ذات هيئة بنائية مضلعة.



شكل(4) الشكل المضلع ومزهريات مضلعة الشكل.

5-1-1-2 الهيئة البنائية المركبة Complex Form :

يقصد به الدمج هى الهيئة الخارجية بين شكلين أو أكثر من الأشكال الهندسية المفردة للحصول على الفورم النهائي ،كما هو مبين بالشكل،شكل(5) مجموعة من المزهريات هيئتها البنائية مركبة من مجموعة من الأشكال الهندسية.



شكل(5)الشكل المركب ومجموعة من المزهريات مركبة الشكل.

6-1-1-2 الفورم الحر (الغير مثماثل) Free Form :

وهو عبارة عن هيئة بنائية مستوحاه من عنصر أو أكثر لتكون الهيئة البنائية للشكل ويكون غير مثماثل ،وبه تحدي كبير في طريقة الإنتاج ، للحصول على القيم التشكيلية البارزة والغائرة الغير متماثلة ،ويجب على المصمم الإلمام بجميع طرق الإنتاج قبل البدء في وضع أفكاره التصميمية لتحديد مدى ملائمة تصميمة للإنتاج وماهي أنسب الطرق الإنتاجية التي تظهر فكره وتعبر عنه، شكل(6) مجموعة من المزهريات المستوحاه من مجموعة من العناصر الطبيعية.



شكل(6) مجموعة من المزهريات ذات هيئة بنائية غير متماثلة.

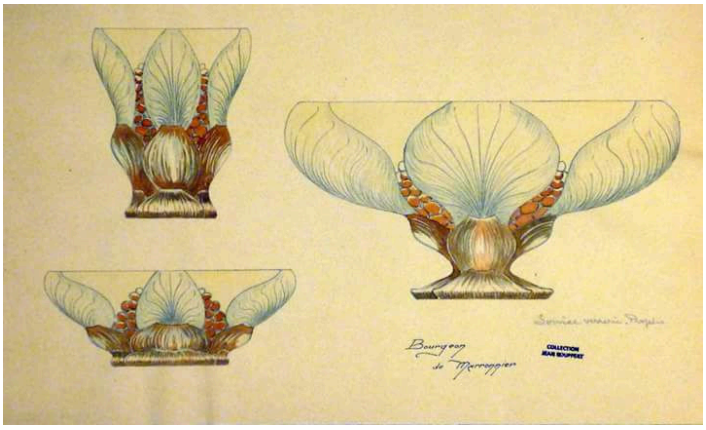
3- عناصر تكوين الشكل للمزهريات

1-3 الفوهه :

واسعة –ضيقة-متوسطه –منتظمة -غير منتظمة.

2-3 البدن:

طويل أوقصير-كروي –مخروطي –اسطواني-مضلع-منتظم –غير منتظم، وبإختلاف شكل البدن نحصل على تنوع كبير في الفكر لتصميمي***شكل (7) يوضح مجموعة اسكتشات لفنان الزجاج العالمي رينيه لاليك تؤكد أنه بإختلاف شكل البدن يختلف التصميم الناتج.***



شكل(7) تنوع للفكر التصميمي للفنان العالمي رينيه لاليك بتغيير حجم البدن.

3-3 القاعدة:

ضيقة أو واسعة شريطة أن تكون متزنه وثابتة على الأرض.

ونلاحظ أنه بإختلاف نسب الأجزاء لبعضها واختلاف طريقة الإنتاج مع تثبيت الفكرة التصميمية ،نحصل على عدد لانهائي من الأفكار التصميمية المتنوعة،التي تثري العملية التصميمية،وتساعد المصمم على الإبداع دون قيد***شكل(8) يوضح أن اختلاف نسب أجزاء الهيئة البنائية للمزهريات الزجاجية ينتج عنه عدد لانهائي من المنتجات.***



شكل(8) يوضح التباين في شكل المنتج النهائي نتيجة اختلاف الهيئة البنائية لنفس الفكرة التصميمية*.

* من أعمال الفنان رينيه لاليك تم انتاجهم بطريقة الشمع المفقودlost wax،عن طريق إنشاء نموذج شمعي إيجابي. يتم تغطية الشمع مع مزيج الطين أو الجص ويترك ليجف. ثم يتم تسخينها للسماح للشمع بالذوبان من الداخل ، مما يؤدي إلى قالب أجوف. ثم يتم إدخال مصهور الزجاج في القالب، إما عن طريق النفخ أو الصب ليأخذ شكل التجويف الداخلي للقالب، ثم يتم تبريده ببطء، يتم تفكيك القالب بعناية ، تاركاً وراءه منتج زجاجي فريد من نوعه،العملين معروضين بمتحف كورنيج بالولايات المتحدة الأمريكية،ويرجع تاريخهم لعام 1930و1932.

وقد استمد العديد من الفنانين العالميين أفكارهم لتنفيذ منتجاتهم الفنية من خلال التركيز على العناصر الطبيعية بأدق تفاصيلها للحصول على منتجات حققت نجاحات عالمية والتي ستكون محل الدراسة التحليلية للإستفادة منها في الحصول على منهجية علمية لها مرجعية تثري الفكر الإبداعي وتساهم في الإرتقاء بالمستوى التصميمي لطلاب الفنون في تصميم منتجاتهم.

4- دراسات تحليلية لأشهر أعما فناني الزجاج العالميين.

هذا الجزء من البحث يهتم بدراسة تحليلية مفصلة لمجموعة من أهم أعمال فناني الزجاجين العالمين،للتوصل لأهم اعتبارات نجاح تصميم المنتجات الفنية بشكل عام ،والمزهريات الزجاجية بشكل خاص.

4-1 الفنان رينيه لاليك René Lalique

فنان فرنسي من أهم مصممى مدرسة الفن الجديد فى فرنسا اشتهر بتصميماته فى مكملات الزى والمجوهرات والمنتجات الزجاجية المختلفة ،وله مهارته فى استخدام الخامات المختلفة والمتنوعة ،امتازت أعمال لاليك بجموح الخيال والتعقيد ولقد طوع الطبيعة في تصميم منتجاته بشكل مميز ،فظهرت أعماله اكثر تميزا واستخدم فيها أشكال النباتات الزخرفية ذات الثلاث أبعاد ككتل نحتية واستخدم أشكالاً مستمدة من الحشرات مع النباتات بصورة تجريدية حرة. [1] " وكان لاليك يبدع في اختيار طريقة الإنتاج التى تتناسب مع التصميم لتظهر منتجاته ذات الألوان الرقيقة ويعتبر لاليك الوحيد الذى يقارن بعصر النهضة لرقة وجمال تصميماته، ولع لاليك بالطبيعة والريف الفرنسى[2] ،وفيما يلي دراسة تحليلية لبعض من مزهريات لاليك الزجاجية،***جدو (1)(2)(3).***

جدو (1) دراسة تحليلية لأحدى أعما لاليك الفنية.

العمل الفني ـ توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج**: Malesherbes Vase[1] **تاريخ الإنتاج:** عام1927 **الهيئة البنائية:** شبه كروي_ضيق العنق_منتظم الفوهه_متزن. **أبعاد المنتج:**23.9×17.8 سم **مكان العرض:** متحف الفنون الجميلة ،هيوستن،انجلترا.	 ركز الفنان على ورقة الشجر كعنصر واحد فقط في تصميم منتجه،فاهتم الفنان بإنشاء هيئة بنائية بحث يظهر البدن كروي منتفخ له قاعدة ثابته وفوهه ضيقة نسبيا في علاقتها بالبدن،وركز الفنان في احداث تكامل وتباين في فكره التصميمي حيث استخدم نفس العنصرباحجام مختلفة لإحداث التنوع في التصميم.	 أكد الفنان على درجة اللون الأخضر كلون أوراق الشجر في التأكيد على مظهر سطح منتجه الزجاجي،حيث أحدث تأثيرات ملمسية تؤكد على قيم البارز والغائر ،وقد استخدم الفنان طريقة النفخ في القالب للتأكيد على فكره التصميمي.

جدو (2) دراسة تحليلية لأحدى أعما لاليك الفنية.

العمل الفني ـ توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج**: Anemones Vase[2] **تاريخ الإنتاج:** عام1911 **الهيئةالبنائية:**كروي_متزن_منتظم الفوهه_ارتفاع بسيط للعنق. **أبعاد المنتج:**ارتفاع 31 سم **مكان العرض:** ضمن مجموعة جورج شاربونيو Georges Charbonneaux بباريس_فرنسا.	 استخدم الفنان في عمله الفني الزخارف النباتيه ،فقد ركز في تصميمه على الزهرة المفتحة الأوراق والتي تحيطها مجموعة من أوراقها ،وأكد الفنان على توزيع عناصره بالحفاظ بشكل كبير علي قيمتي الكتلة والفراغ.	 استعان الفنان بإستخدام الدرجات اللونية الرمادية في اظهار فكره التصميمي مستخدما فرشاته فى تطبيق الطلاء بالمينا *Enamel على سطح منتجه، على الرغم من أن اختيار الدرجات اللونيه يبعد تماما عن لون العنصر المستخدم في التصميم.

جدو (3) دراسة تحليلية لأحدى أعما لاليك الفنية.

العمل الفني ـ توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج**: Dahlias Vase[3] **تاريخ الإنتاج:** عام1927-1928 **الهيئةالبنائية:**بيضاوي_متزن_منتظم الفوهه_ارتفاع بسيط للعنق. **أبعاد المنتج:**ارتفاع 15سم. **مكان العرض:** دار المزادات الأمريكية	 اختار الفنان زهرة تباع الشمس كعنصر تصميمي لعمله الفني،واعتمد فى تصميميه على اظهار كافة تفاصيل الزهرة،وأكد على الحركة داخل التصميم بتغيير احجام الزهرة تارة واستخدام أجزاء منها تارة أخرى لكسر الرتابة في التصميم.	 مزهرية من الزجاج الشفاف مزخرف عليها بدرجات اللون البني مستخدما فرشاته في التأكيد على الملامس المختلفة لتفاصيل الزهرة.

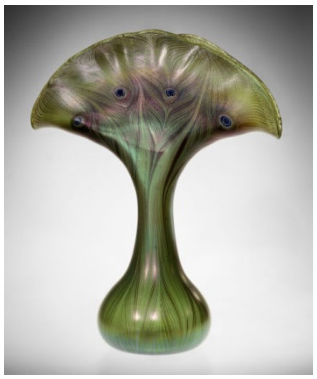
2-4 الفنان لويس تيفانيLouis Comfort Tiffany

كان لويس كومفورت تيفاني أكثر فناني "الارت نوفو" تأثيراً وابداعاً في الولايات المتحدة الأمريكية ومن بين افضلهم في العالم.

كان تيفاني في الاصل فنان زجاج ومن خلال هذا المجال تفوق واصبح يقلد بشكل واسع على امتداد الولايات المتحدة وأوروبا.

قام تيفاني بين عامي 1900 - 1893 بانتاج أكثر اعماله الابداعية من الفن الجديد وكان استخدامه للزجاج في المزهريات والمنتجات الزجاجية الأخرى. وعرض عشرين منتجاً زخرفياً وحصل على حق حصري لتوزيعها في أوروبا كلها مصنوعة بزجاج الفارفيل Favrile glass الذي منح فيه على براءة اختراع،والذي يظهر مظهر سطح منتجاته بطبقة لها بريق معدني نتيجة تعرض مصهور الزجاج لأبخرة الأكاسيد المعدنية[3]،وفيما يلي تحليل لبعض أعمال الفنان تيفاني جدول(4)(5)(6).

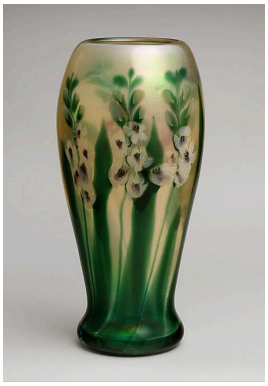
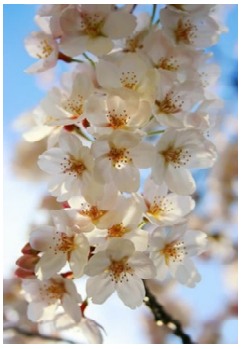
جدو (4) دراسة تحليلية لأحدى أعما لاليك الفنية .

العمل الفني ـ توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**Tiffany vase[4] **تاريخ الإنتاج:** عام1896 **الهيئةالبنائية:**مركبة **أبعاد المنتج:**35.9×29.2 سم. **مكان العرض:** متحف المتروبوليتان،أمريكا	 استوحي الفنان عمله الفني من بديع صنع الخالق ،واستخدم القيم الجمالية لريش الطاووس في التعبير عن فكرته،وقد استخدم في تكوينه هيئة بنائية مركبة واكد حركة الطاووس لإظهار جمال العنصر المستخدم من خلال اتساع عرض الفوهه.	 أكد الفنان على الدرجات اللونية لنفس للعنصر الأساسي في التصميم (ريش الطاووس)،وقد برع تيفاني في انتاج قطعه الفنية بمظهر سطح لها بريق معدني،والناتج عن تعرض مصهور الزجاج لأبخرة الأكاسيد المعدنية.

جدو (5) دراسة تحليلية لأحدى أعما تيفاني الفنية .

العمل الفني ـ توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**Tiffany vase[5] **تاريخ الإنتاج:** مابين 1900-1915 **الهيئةالبنائية:**مركبة(الدمج لمخروطين ناقصين) **أبعاد المنتج:**58×23.8 سم. **مكان العرض:** متحف المتروبوليتان،أمريكا	 استخدم الفنان عنصر بسيط مجرد لورقة الشجر بأحجام واتجاهات مختلفة داخل فكرته التصميمية ،وقد تركز توزيع عنصره التصميمي في الجزء العلوي للمزهرية.	 اعتمد الفنان فى تصميم مظهر سطحه على التدرجات اللونيه المتداخلة للونين الأزرق والأخضر ولمسات من الدرجة الأرجوانيه الفاتحه،والتي تظهر في الطبيعه والعناصر الطبيعية بشكل كبير،وأضاف إليها مظهر له بريق معدني،التقنية التي ابتكرها الفنان في تنفيذ منتجاته الزجاجية.

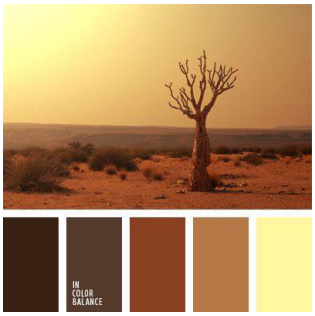
جدو (6) دراسة تحليلية لأحدى أعما تيفاني الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**Floral vase[6] **تاريخ الإنتاج:** عام 1909 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط،الإسطوانه) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 40 سم. **مكان العرض:** متحف المتروبوليتان،أمريكا	 اختار الفنان باقة زهور بيضاء اللون لإستخدامها بالدمج مع أورق الأالأشجار بأشكاله وأحجامها للتعبير عن فكرته التصميمية،واتخذ الإتجاه الطولي في توزيع عناصره داخل التصميم،وقد راعى فى تصميمه الموازنه بين الكتلة والفراغ.	 لجأ الفنان للإستعانه بالدرجات اللونية المماثلة لنفس لون اختيار عناصره ،فعبر عن أوراق الشجر بدرجات اللون الأخضر ،وعن باقات الورد باللون الأبيض،واختار لها خلفية من درجات اللون البني الفاتح معبرا عن مظهر سطحه بطبقة لها بريق معدني.

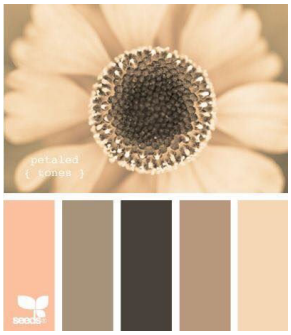
3-4 الفنان ايميل جاليه Émile Gallé

هو فنان فرنسي ولد في سنة 1846 وتوفي سنة 1904والذي عمل في مجال تصنيع الزجاج بل ويعد أحد أقوى المؤثرين في حركة Art Nouvea تلقى جاليه مديحا عن أعماله في معرض باريس سنة 1878 بعدها بدأت انطلاقته بفنه المميز ،توالت نجاحات جاليه بعد عرضه الناجح في باريس عام 1889 والذي أكد فيه على اسلوبه المميز بالتأكيد على عنصر الطبيعة والوحدات الزهرية مما وصل صيته لخارج فرنسا ووصل به الى العالمية ووضعه في مقدمة فناني حركة الفن الحديث المسماة واصل جاليه دمج تقنيات جديدة إلى عمله[4] ، مثل اضافة أوراق القصدير وفقاعات الهواء المعدنية، وأنعش صناعة الزجاج أيضاً بتأسيس ورشة لعمل خط انتاج خاص به،وتبقى أعمال جاليه الآن من أجمل التحف الفنية الرائعة التي تزخر بها الجاليريهات،وفيما يلي تحليل لبعض مزهريات إيميل جاليه، ***جدو (7)(8)(9).***

جدو (7) دراسة تحليلية لأحدى أعما جاليه الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**vase of Lorraine **تاريخ الإنتاج:** عام 1889 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط، كرة) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 50 سم. **مكان العرض:**_____	 استخدم الفنان فاكهة الخوخ وأوراقها في ابتكار فكرة تصـميمية ناتجة من تداخل أوراق الشـجر والتفافها على بدن المزهرية،مراعيا الحركة داخل التصـــميم ،والكتلة والفراغ والتناسق والتناغم داخل التصميم.	 برع الفنان في انتاج أعماله الفنيه الزجاجية فاعتمد بشكل أساسي على تعددطبقات الزجاج المستخدم،ليحفر تصميماته على السطح الخارجي ليظهر الجمال اللوني للطبقة الداخلية للزجاج ،الأمر الذي تميزت به أعمال جاليه،ونجد أنه استخدام اللون البني الفاتح والغامق والدرجة الأرجوانية الفاتحة لمظهر سطح مزهريته الزجاجية.

جدو (8) دراسة تحليلية لأحدى أعما جاليه الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**vase of Lorraine **تاريخ الإنتاج:** 1890-1895 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 50 سم. **مكان العرض:**متحف مقاطعة لوس أنجلوس للفنون	 استخدام الفنان زاويه جانبية لوردة بلدي كعنصر رئيسي داخل عمله الفني يحدها مجموعة من الأغصان فى اتجاهات مختلفه	 استخدم الفنان اللون الإسود والرمادي والشفاف في التأكيد على إبراز عناصره مستخدما تقنية الحفر للزجاج المتعدد الطبقات،ونجد أن جميع الدرجات اللونية المستخدمة لها مرجعية فى العديد من العناصر الطبيعية.

جدو (9) دراسة تحليلية لأحدى أعما جاليه الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج:**vase with releif decoration **تاريخ الإنتاج:** 1895 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 49 سم. **مكان العرض:**متحف ألبرت وفيكتوريا -لندن	 دمج الفنان بين مجموعة من أوراق الشجر وبتلات الزهرات والأغصان فى تكوينه على سطح المزهرية بحيث تناسبت الأجزاء لبعضها البعض ،بحيث تظهر أرضية العمل يتجلى عليها عناصر التصميم في تناغم وانسجام.	 استخدم جاليه مجموعة من الدرجات اللونية المتناسقة من وحي الطبيعة ،وعبر عنها بتقنية الحفر للزجاج المتعدد الطبقات،حيث يظهر الطبقة الداخلية للزجاج(الخضراء) من خلال حفر الطبقة الخارجية(بنية اللون) ليظهر عناصره بتدرجات لونيه للون البني بدرجاته،والتأكيد على اظهار لون الخلفية بوضوح الأمر الذي يتطلب مهاره فنية عالية

4-4 الفنان مولر فريرز.Muller Frères

كانت شركة (Muller Frères Company) إحدى الشركات الفرنسية الرائدة في صناعة الزجاج ، ومقرها في Luneville ، بفرنسا ، اشتهرت بمزهريات فن الآرت نوفو ، وأغطية المصابيح ، والثريات ، التي غالبًا ما تحتوي على زجاج متعدد الطبقات. قام هنري مولر وأخوانه بتأسيس ورشتهم في عام 1895 بعد أن تدربوا مع الفنان إميل جاليه Émile Gallé، في عام 1910 [5] ، بدأت الشركة في إنتاج المصابيح الزجاجية والمزهريات إلى أن توقف الإنتاج في عام 1933 وأغلق المصنع بعد ثلاث سنوات ،بعد أن أنتج العديد من القطع الفنية الرائعة، ***جدو (10)(11)(12) يعرض تحليل لبعض أعما مولر فريرز.***

جدو (10) دراسة تحليلية لأحدى أعما مولر الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج** : Luneville vase **تاريخ الإنتاج:** 1905 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط-الإسطواني) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 49 سم. **مكان العرض:**_____	 استخدم الفنان الدمج بين عنصري الورود والفاكهه المتمثلة في عنقود العنب ،ليعبر عن فكره حيث نجح في توزيع عناصره الفنيه على سطح المزهرية ،بشكل يحقق التناسب والتناغم والإتزان.	 استعان الفنان بدرجات لونية لمجموعة من الألوان المتناغمة حيث استخدم الألوان البنية بدراجتها مع الأصفر والأحمر الداكن (في التأكيد على عنصري العنب والورود)،وقد عبر الفنان عن مظهر سطح بتقنية الحفر على سطح الزجاج ،ثم الإستعانة بزخرفة السطح مستخدما ألوان المينا.

جدو (11) دراسة تحليلية لأحدى أعما مولر الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج** : Luneville vase **تاريخ الإنتاج:** 1910 **الهيئةالبنائية:**مركبة(المخروط-الإسطواني) **أبعاد المنتج:**ارتفاع 26 سم	 صور الفنان مشهد من مشاهد الطبيعة مصورا أشجار النخيل مع الهندسة المعمارية لمجموعة من المباني والجبال في خلفية العمل.	 استعان الفنان ببالته لونية نراها فى مشهد الغروب على السواحل ليظهر اللون البرتقالي في الجزء العلوي متلاحما مع اللون الأزرق في الخلفية ،مؤكدا على العناصر المكونه للتصميم باللون الأسود،مستعينا في تنفيذ منتجه بتعدد طبقات الزجاج والحفر والزخرفة بالمينا.

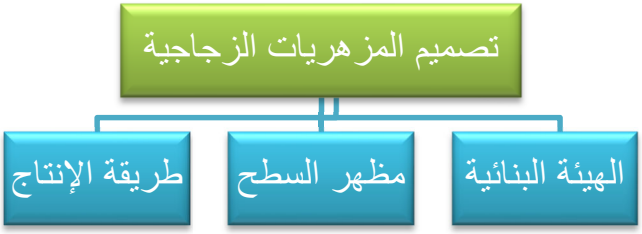
جدو (12) دراسة تحليلية لأحدى أعما مولر الفنية.

العمل الفني - توصيفه	العنصر الملهم للتصميم	مظهر السطح
 **اسم المنتج** : Luneville vase **تاريخ الإنتاج:** 1910 -1905 **الهيئةالبنائية:**مركبة(الإسطواني)-عنق مرتفع نسبيا-فوهة ضيقة منتظمة. **أبعاد المنتج:**ارتفاع 26 سم. **مكان العرض** :المتحف الوطني باسكتلندا.	 استعان الفنان بمشهد من المشاهد الطبيعية الموجودة بالطبيعة معبرا عن البيئة الخارجية في مشهد يضم مجموعة من الأشجار بحركاتها المختلفة، وانعكاستها على سطح الماء،مؤكدا على قيمة الإحساس بالعمق من خلال التأكيد على اختلاف احجام العناصر وأماكن توزيعها.	 استعان الفنان باللونين الأخضر والبني الفاتح في التعبير عن مظهر سطحه مستعينا بتقنية الحفر للزجاج المتعدد الطبقات مستخدما المينا للتأكيد على زخرفة سطح منتجه.

من خلال الدراسة التحليلة لمجموعة من أعمال فناني الزجاج العالميين ،تم التوصل لمجموعة من الإعتبارات الهامة في تصميم المنتجات الفنية بشكل عام والمزهريات الزجاجية بشكل خاص لتكون على النحو التالي:

5- اعتبارات تصميم المزهريات الزجاجية:

يعتمد تصميم المزهريات الزجاجية على ثلاث عناصر أساسية والتي بدونها يصعب على المصمم التعبير عن فكرته التصميمه والمتمثلة في ***الشكل التالي(9).***



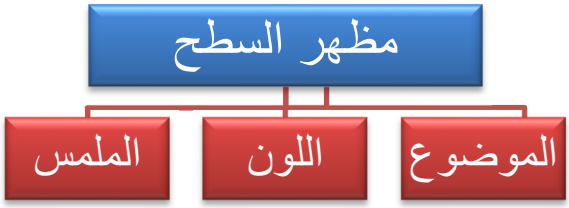
شكل(9) اعتبارات تصميم المزهريات الزجاجية*.

5-1 الهيئة البنائية:

هى الكتلة التي يعبر بها عن الشكل الذي يوضح فكره التصميمي ،ويراعي فيه الإتزان والثبات ،ويختلف الشكل حسب رؤية الفنان،وتتكون من فوهة وبدن وقاعدةوعنق وأحيانا يضيف الفنان يد للهيئة البنائية لمنتجة ،ويتوقف نجاح هذه البنائيات التصميمية المتواءمة على مدى نجاح المصمم والفنان في الاختيار و التنظيم ثم التنسيق المرتبط بطبيعة العلاقة النابعة من تنوع المفهوم الشكلي التمثيلي "الرمز الدلالي" من ناحية.. بالاضافة إلى التمكن من اختيار المكان الافضل تصميميا بالتكوين(طارق محمد عبد الحي محمد-2016).

5-2 مظهر السطح:

لمظهر السطح أهمية بالغة في نجاح تصميم المزهريات الزجاجية لما يحمل من جمالية تعبر عن فكر الفنان وقدرته الإبداعية والتي يتوقف عليها جذب انتباه المشاهد ،شكل (10) أنواع مظهر السطح.



شكل(10) أنواع مظهر السطح*.

*الأشكال من إعداد الباحث.

5-2-1 الموضوع :

يعبر عن فكر الفنان من خلال اختيار عناصره وتوظيفها في علاقات متزنه على سطح الهيئة البنائية ،مراعيا في ذلك نسب الأجزاء لبعضها البعض،وتكامل الفكر التصميمي من جميع جهات المنتج ***،شكل رقم (11).***



شكل(11) يوضح اسكتش لفنان إميل جاليه بشكل متكامل لجميع جهات المزهرية.

5-2-2 اللون:

اللون شئ حسى مدرك ليس لو وجود خارج الجياز العصبى للإنسان ، يستخدم كوسيمو لمتمييز والتعبير عن الأشياء ، كما يرتبط بالبيئة والشكل إرتباط(مروة عزت عبد الحميد،2008) ،غالبا ما يكون اللون المتحكم الرئيسي في التأثير العاطفي والبصري لدى المتلقي،وتتعد الدرجات اللونية والظلية للون الواحد ،لنجد أمامنا مدي واسع من الألوان ودرجاتها الظلية التي تساعد الفنان في التعبير عن مشاعره وانفعالاته الفنيه ليظهر منتجه بالشكل المطلوب[6] ،واللون في الزجاج يختلف عن باقي الخامات الأخرى ،حيث يتمع الزجاج بمجموعة من الخصائص الفيزيائية التي تميزه عن غيره من الخامات كالشفافية ولمعان السطح ونعومته وانعكاس الضوء على سطحه ،الأمر الذي يضفي جمالا لمظهر السطح ،فمكن العديد من الفنانين من اضفاء لمسات جماليه لأعمالهم الأمر الذي شجع العديد منهم على انتاج تصميماتهم بأكثر من لون[7] ،كما هو موضح ***بشكل(12).***



شكل(12) أربعه مزهريات بأربعة ألوان مختلفة للفنان رينيه لاليك.

3-2-5 الملمس:

تعبير يدل على المظهر الخارجي المميز للسطح ،أداة مهمة في العملية التصميمية كالشكل والحجم واللون يعبر عنه من خلال القيم البارزة والغائرة داخل العمل الفني ،الملمس نوعان: حقيقي وهي التي نستطيع أن ندركها بحاسة اللمس والبصر،إيهامي وهي التي يمكن ادراكها بحاسة البصر دون اللمس ذو البعدين (هديل هادي عبد الأمير،2015) والتي يمكن أن نعبر عنها على سطح الزجاج بالدرجات الظلية المختلفة ، من خلال اللون المستخدم باستخدام اللون واحد بدرجاته الظلية أو درجتين لونيتين بدرجاتهم الظلية على الأكثر وتتحكم في ذلك طريقة تشكيل وانتاج الزجاج التي يعبر عنها الفنان في تصميماته ، ، تلعب الإضاءة دورا كبير في التعبير عن الملمس فإذا كان العنصر المرسوم داكن اللون فإنه يعكس إضاءة أقل من لو أنه كان فاتح اللون ،ويضيف اللون على سطح الزجاج احساسا بالعمق والناتج عن شفافية وسمك الزجاج،وقد ساهمت الطبيعة بمخرونها الواسع من مساعدة المصمم في استلهام عدد لا نهائي من الملامس لإثراء منتجاته الفنية.

3-5 طريقة الإنتاج:

يقاس نجاح الفكر التصميمي بإمكانية تنفيذه ومواجهة صعوبات الإنتاج للحصول على الفكرة الرئيسية التي يعبر عنها الفنان بدقة عالية ، تتحكم طرق إنتاج الزجاج بشكل كبير في التأثير على تصميم المنتجات الزجاجية الفنية ، لكل طريقة انتاج ينتج عنها مظهر سطح يختلف عن الطريقة الأخرى، ونلاحظ اختلاف كبير فى المنتج الناتج لنفس التصميم بالطرق الإنتاجية المختلفة ، فلكل طريقة انتاجية إمكانية على تأكيد بعض القيم الجمالية واذا اردنا التكامل في انتاج المنتجات الزجاجية ذات الطبيعة الفنية فلابد من اجراء تطبيق للعديد من الطرق الإنتاجية للقطعة الواحدة للحصول على نفس النتيجة التي يريد أن يبرزها الفنان.

6- خطوات العملية التصميمية

ومما سبق نستخلص مجموعة من الخطوات لإجراء العملية التصميمية ،والمتمثلة في ***شكل(13).***



***شكل(13) يوضح مراحل خطوات العملية التصميمية*.**

والمثال التالي يوضح مراحل العملية التصميمية لفنان الزجاج رينية لاليك كما هو مبين بالشكل(14).



شكل(14) مراحل العملية التصميمية لمزهرية زجاجية للفنان رينيه لاليك.

*الشكل من إعداد الباحث

الشكل يوضح اختيار الفنان للعنصر الملهم لفكرة التصميم كخطوة أوليه ،تعقبها خطوه إنشاء هيئة بنائية من رؤية الفنان،تليها خطوة كيفية توظيف عناصره على المساحة المتاحة بشكل متوازن فأكد من خلالها على قيم البارز والغائر،تمهيدا لعملية الإنتاج ووصولا للمنتج النهائي.

<u>في تصميم الفازات الزجاجية :</u>

1- فورم + لون = تصميم

2-فورم+مظهر سطح(ملمس) = تصميم

3-فورم+ فكرة تصميميه بدرجة لونية وتدرجاتها= تصميم

4-فورم+ فكرة تصميمية بدرجات لونيه متعددة= تصميم

الدراسات التجريبية:

من خلال تدريس مادة تصميم الزجاج الفني الفرقة الثانية بقسم الزجاج كلية الفنون التطبيقية ،ومن خلال الدراسات التحليلية للعناصر الطبيعية ولأشهر أعمال الفنانين العالميين في مجال تصميم وإنتاج الزجاج تم استخلاص أهم مجوعة من الإعتبارات الواجب إتباعها في العملية التصميمية بشكل عام وفي تصميم المزهريات الزجاجية بشكل خاص والمتمثلة في النقاط التالية:

1- تجميع الدراسات العلميه حول موضوع العمل الفني

2- انتقاء أفضل العناصر المراد التعبير عنها(يفضل استخدام من عنصر لثلاثة عناصر داخل التصميم الواحد).

3- وضع أفكار مبدئية لشكل الفورم الخارجي(اختيار انسبها).

4- وضع العناصر المختارة على الفورم الخارجي مع مراعاة أن يعبر عنها بإفرادها على الشكل الفورم الخارجي (لأن التصميم المنتجات الفنية(المزهريات الزجاجية) تصميم ثلاثي الأبعاد تتكامل جميع عناصره بحيث يكون له رؤيه فنيه من جميع الجهات ولا يشترط فيها التماثل بقدر التكامل).

بعد التأكد التام للفنان من التعبير الجيد عن فكرته التصميمية ،يبدأ في وضع تخيل لوني من خلال الدمج اللوني الهائل والمتنوع في الطبيعه بجميع عناصرها من الزهور والأشجار والطيور والأسماك والبحار والجبال..... إلخ ،والتي تعد مصدرا زاخرا للإبداع تثري العملية الفكرية والإبداعية، مراعيا في ذلك طريقة إنتاج منتجه الفني.

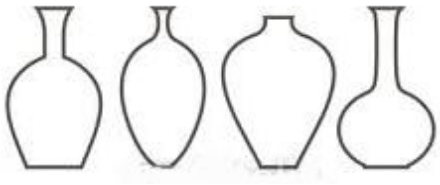
ومن خلال التطبيق تم تنفيذ المراحل التصميمية على النحو التالي:

المرحلة الأولى:

<u>تهدف إلى :</u>قبل البدء في العملية التصميمية يتم التعرف على جميع الطرق الإنتاجية كمدخل للعملية التصميمية(محاضرتين)

1-تنشيط الجانب الإبتكاري للطلاب من خلال الإطلاع والتمعن في العناصر الطبيعية والتركيز على تناسق الدرجات الونية والظلية في التكوينات المختلفة.

2- وضع أفكار بسيطه للهيئة البنائية للمزهريات الزجاجية***شكل(15).***

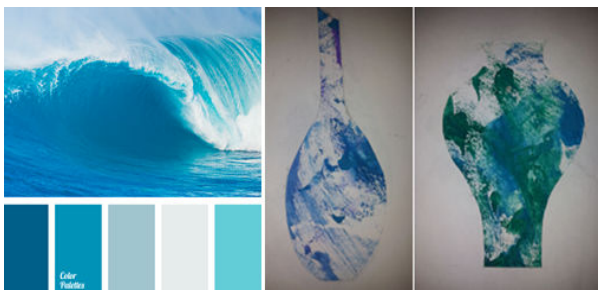


شكل(15) أشكا متنوعة لبنائية هيئة المزهريات كنموذج توضيحي.

3- توظيف الدرجات اللونية المختارة من قبل الطلاب وتطبيقها على الفورم مع مراعاة أسس نجاح التصميم من حيث الكتلة والفراغ والتناغم والتناسب.(المدة الزمنية لهذه المرحلة محاضرتين متتاليتين)

فظهرت النتائج التاليه ، جدول(13) يوضح تأثر التصميم الناتج بألوان العناصر الطبيعية المختلفة ودرجاتها الظلية.

جدو (13) تأثير الجما اللوني في الطبيعة على الفكر التصميمي لمصمم الزجاج.

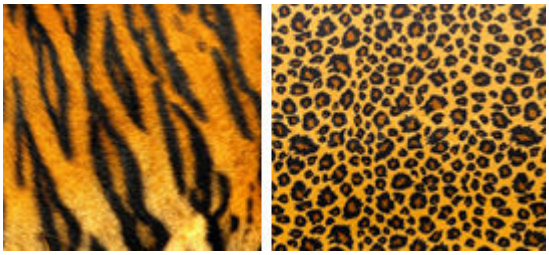
مجموعة من التصميمات المتأثرة بالدرجات اللونية في العناصر الطبيعية	
	
	
	

نجد من خلال نتاج هذه المرحلة أن جميع الطلاب بمختلف مستوياتهم قادرين على تصميم مزهريات زجاجية بسيطه أو مركبة أو حره في الهيئة البنائية للشكل كجزء أول في المرحلة التصميمية،وتظهر شخصية كل منهم في اختيار باليته لونيه من الطبيعه في محاولة للإستفادة منها في ابراز مظهر سطح تصميمه ،لنحصل على عدد لانهائي من التصميمات المختلفة للهيئة البنائية مطبقا عليها مظهر سطح له تأثيرات لونية وملمسية مبتكره في فترة زمنية قصيره.

المرحلة الثانية (العملية التصميمية)

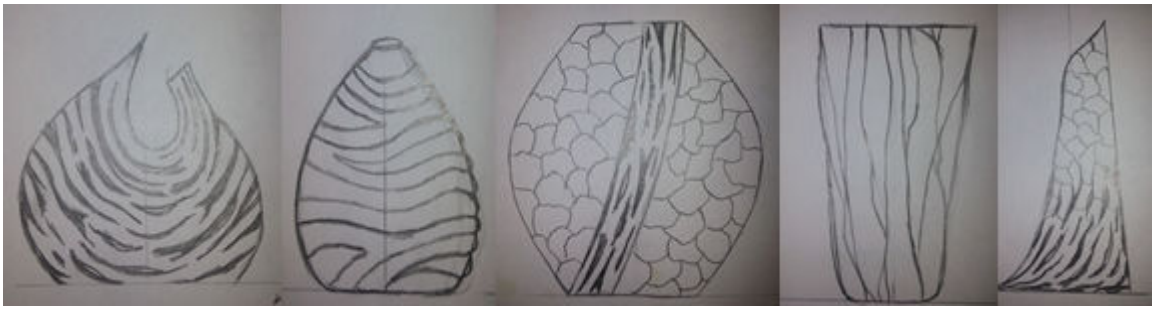
1- النموذج الأو : وتم فيه التركيز دراسة الحيوانات للإستفادة منها في التصميم الفني،تم تجميع الدراسات المناسبة إلى أن تحدد الدراسة في التأثيرات الملمسية واللونية لفراء النمر، كعناصر أساسية في التصميم .

1-مرحلة الإسكتش: تهدف هذه المرحلة لدراسة العناصر الطبيعية واختيار أكثر العناصر ملائمة لتصميم العمل الفني واستخدامها لتصميم المزهريات الزجاجية،هذه المرحلة تساعد الطلاب على حرية الإبداع بداية من حرية اختيار العناصر وتشكيل الهيئة البنائية للمزهريات الزجاجية(مدة العمل بهذه المرحلة ثلاث محاضرات متتالية) ***شكل(16).***



شكل(16)العناصر المستمدة من العناصر الطبيعة لتوظيفها في تصميم مزهرية زجاجية.

وتم اختيار خمسة أفكار كنماذج توضيحية لتظهر النتائج على النحو التالي، ***شكل(17).***



شكل(17)الإسكتشات الأولية المستوحاه من التأثيرات الملمسية لفرو النمر.

2- مرحلة وضع الأفكار اللونية

للتصميمات المختارة من خلال الدراسات اللونيه المختلفة ،مرحلة التصور اللوني والذي يتم تطبيقية بناء على درجات لونية من خلال رؤية الطالب ولها مرجعية واضحة من الطبيعة وعناصرها المتنوعة(أربعة محاضرات متتالية)، ***شكل(18)(19)(20).***



شكل(18) مرحلة وضع التصور اللوني.



شكل(19) مرحلة اللون وتأثره بالعناصر الطبيعية.



شكل(20) تصميم لمجموعة متكاملة من المزهريات المستوحاه من فراء النمر.

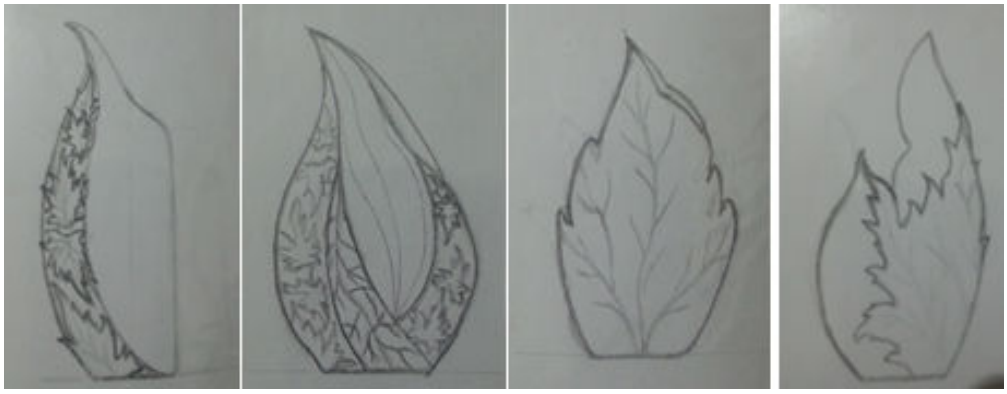
2 –النموذج الثاني :

وفيه تم دراسة العديد من أوراق الأشجار كمصدر ملهم لتصميم مزهريات زجاجية ،وتم اختيار العنصر التالي كعنصر أساسي في العملية التصميمية ،،وبدأ مرحلة الإسكتش لتظهر النتائج التالية ، ***شكل (21)(22).***



شكل(21) العنصر المستخدم في الأفكار التصميمية للنموذج الثاني.

الأفكار التصميمية: بعد دراسة العنصر تم وضع مجموعة من الأفكار التصميمية المبنية على شقين ،أولا:الإستفادة من الشكل الخارجي للورقة النباتية محل الدراسة في تكوين الهيئة البنائية للعمل ،ثانيا:الإستفادة من جماليات ورقة الشجر في تصميم مظهر سطح العمل الفني ***شكل(22).***



شكل(22) الأفكار التصميمة المستوحاه من ورقة الشجر كعنصر من عناصر الطبيعه.

مرحلة اللون: يقوم الطالب بإختيار باليتة لونيه من جمال التناسق اللوني في الطبيعة ليستخدمها برؤيته الفنية في محاولة للحصول على العديد من الأفكار اللونية لمرحلة الإسكتش***شكل(23)،شكل(24)،شكل(25).***



شكل(23)أفكار لونية لثلاث تصميمات متنوعة مستوحاه من نفس العنصر التصميمي.



شكل(24) باليته لونيه مختلفة لمجموعة من التصميمات لنفس العنصر المستخدم للفكرة التصميمية.



شكل(25) مجموعة تصميمية متكاملة مستوحاه من ورقة الشجر محل الدراسة.

النتائج:

مما سبق نستنتج بعض النقاط التالية:

1- الطبيعة المصدر الملهم لجميع الفنون ،واعتمد الكثير من نجاح الفنانين العالميين على اهتمامهم بالطبيعة والتركيز في أعمالهم الفنية على عناصرها سواء في الهيئة البنائية للشكل أو في مظهرالسطح ،الأمر الذي يتطلب منا التركيز والتأمل في العناصر الطبيعية والإستفادة من تنوعها اللانهائي في إنتاج تصميمات مبتكرة منفرده، يعبر منها كل فنان عن رؤيته الخاصة.

2- للمصمم دور كبير في الإبتكار والإبداع من خلال المعطيات البيئية ليستخلص أنسبها معبرا عن رؤيته الخاصة.

3- لا بد لمصمم الزجاج أن يكون على دراية كاملة بالطرق الإنتاجية المختلفة ومظهر السطح الناتج عن كل تقنية ليسهل التعبير عن فكرته التصميمية، وبذلك تكون تصميماته قابلة للإنتاج.

4- تصميم المزهريات الزجاجية يكون من خلال طريقتين أساسيتين ،أولا :استلهام الهيئة البنائية للشكل من العنصر المختار من الطبيعه ،ثانيا: انشاء هيئة بنائية برؤية الفنان ويطبق على سطحها العناصر التصميمية المختارة.

5- مظهر السطح من الركائز الأساسية في تصميم المنتجات الفنية بشكل عام ،والمزهريات الزجاجية بشكل خاص،فالهيئة البنائية للمزهرية إذا أضاف إليها الفنان لون فقط يصبح تصميم ،إذا تم إضافة ملمس فقط فإنه يصبح تصميم،إذا تم وضع تصور كامل لموضوع ولون وملمس فإنه يصبح تصميم ،الأمر الذي يحدده الفنان من خلال رؤيته الفنيه وما يريد التعبير عنه.

6- التصميم ثلاثي الأبعاد يلزم المصمم أن يكون له فكر متكامل ،متخيلا جميع مساقط عمله الفني .

التوصيات :

يوصي الباحث بالنقاط التالية

1- ضرورة وضع منهجة علمية واضحة (محدثة بإستمرار) ومحددة ولها جدول زمني لتدريس مقررات التصميم بشكل عام ومقررات التصميم الفني بشكل خاص،يتيح لجميع الطلاب الوصول لقدر جيد جدا من النتائج بإختلاف مستوياتهم وقدراتهم الفنية.

2- الإطلاع الدائم والمستمر على المعارض الفنية وأعمال الفنانين وورش عملهم والإستفادة منها للإبداع والإبتكار.

3- التأكيد على أهمية الطرق الإنتاجة للمنتجات الزجاجية ومواكبة كل ماهو جديد في التقنية ،ليتيح مجال أوسع للمصمم للتعبير عن أفكار جريئة مبتكرة.

المراجع العربية:

1- مورفولوجيا تشكل نقاط الجذب المحورية و دلالتها كأساس تشكيلي وبصري في بناء العمل الإبداعي د/ طارق محمد عبد الحي محمد م.2016- مدرس بقسم الزخرفة -كلية الفنون التطبيقية-جامعة دمياط ،مجلة العلوم والفنون ،العدد الخامس.
2- مروة عزت عبد الحميد :"جماليات التكوين فى فن التصوير" مكتبة مدبولى 2008
3- هديل هادي عبد الأمير،المحاضرة السادسة عشر"الملمس"،كلية الفنون الجميلة،جامعة بابل ،2015

REFERENCES

[1] Adler, J. H. Lalique,Art Glass and Perfume Bottles. New York. Heritage(2010).
[2] Adler, J. H. The Lalique & Art Glass Auction. New York. Heritage (2003).
[3] Geoffrey W. Beard, International modern glass, Scribner, Jan 1, 1976
[4] Victor Arwas, The Art of Glass: Art Nouveau to Art Deco, Papadakis Publisher,1996.
[5] Victor Arwas, Susan Newell, Sunderland Museum and Art Gallery, Art of Glass, Rizzoli International Publications, Incorporated, Sep 1, 1997
[6] Helmut Ricke, Eva Schmitt, Art nouveau glass: the Gerda Koepff collection, Prestel, 2004
[7] James Mackay, Glass, Promotional Reprint Company Limited, 2002
[8] https://www.mfah.org/art/detail/15426?returnUrl=%2Fart%2Fsearch%3Fq%3Dlalique%26show%3D50
[9] https://rlalique.com/rene-lalique-anemones-vase-15019
[10] http://www.artnet.com/artists/lalique/dahlias-vase-r-H3Q92nIxmcEN_1CoxTcA2
[11] https://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/96.17.10/
[12] https://www.metmuseum.org/exhibitions/listings/2006/louis-comfort-tiffany/photo-gallery
[13] https://www.pinterest.com/pin/79938962106187583/

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1329-1345
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en fonction des populations de mouches blanches (*Bemisia tabaci* Genn), des maladies et de la fertilisation du sol

[Field agronomic evaluation of some cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) against whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn), diseases African Cassava Mosaic disease in tropical humid forest ecology of Cameroon]

A. Mogo[1-2], E. Temgoua[1], J. Djeugap Fovo[1], Fotso[4], J. Fomekong Nopogwo[3-5], E. L. Ngonkeu Mangaptche[3-5], R. Ghogomu Tamouh[1], Noé Woin[5], M. Yemefack[4], and M. Tene Thierry[4]

[1]Université de Dschang, BP 96 Dschang, Cameroon

[2]Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI), Cameroon

[3]Université de Yaoundé I, Cameroon

[4]International Institute of tropical Agriculture (IITA Cameroon), BP 2008, Cameroon

[5]Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Cameroon

Copyright © 2019 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: Despites its tolerance to extreme environmental conditions and biotic stresses, cassava has an annual production deficit in Cameroon of more than 31 million tones. This deficit may be due to agronomic constraints, diseases and pests attacks including whitefly (*Bemisia tabaci* Genn); vector of the African cassava mosaic disease virus. The aim of this study was to determine among five cassava cultivars including three improved cultivars (TMS 92/0326, TMS 96/1414 and 8034) and two local cultivars (Ekobele and Ngon kribi) those that provide resistance to the development of *B. tabaci* in relation to soil fertilization. The impact of *B. tabaci* on these cultivars was therefore measured through the severity and incidence of the mosaic disease. The severity and incidence of cassava anthracnose disease (CAD) and cassava bacterial blight (CBB), which are also important diseases of cassava, were assessed. The study was carried out in Bityili village located in Ebolowa region, at three sites namely Mekoto, Minkon Mingon and Tyele. TMS 92/0326 and TMS 96/1414 had higher average number of adult whiteflies and nymphs, this may be due to their abundance and hairy leaf. Soil fertilization had a significant effect on nymphs. Unfertilized plots had the largest number of nymphs compared to those fertilized. Local cultivars Ekobele and Ngon kribi showed a higher severity and incidence of CMD compared to improved cultivars. All cultivars were weakly and similarly affected by bacterial blight. The fertilization had no effect on the severity of the mosaic and the bacterial blight. The severity of the anthracnose was higher on unfertilized cultivars compared to those fertilized. A strong correlation is observed between the severity of the CMD and yield performance.

KEYWORDS: Cameroon, cassava, cultivar, fertilization, whitefly, mosaic.

RÉSUMÉ: Le manioc, malgré sa tolérance aux conditions extrêmes de stress abiotique et biotique, présente un déficit de production annuelle au Cameroun de 31 millions de tonnes. Ce déficit peut être dû aux contraintes agronomiques, aux maladies et aux attaques de plusieurs ravageurs parmi lesquels la mouche blanche vecteur du virus responsable de la mosaïque africaine

Corresponding Author: A. Mogo

du manioc (MAM). Ce travail a été conduit en vue de déterminer parmi 5 cultivars de manioc dont trois améliorés (TMS 92/0326, TMS 96/1414 et 8034) et deux locaux (Ekobele et Ngon kribi) ceux qui offrent une résistance au développement de *B. tabaci* en tenant compte de la fertilisation du sol. L'impact de la mosaïque sur ces cultivars a été mesuré à travers la sévérité et l'incidence en fonction de la fertilisation du sol. La sévérité et l'incidence de l'anthracnose (CAD) et de la bactériose (CBB) qui sont également des maladies importantes du manioc ont également été évaluées. L'essai a été conduit à Bityili- dans trois sites (Mekoto, Tyele et Minkon Mingon) d'Ebolowa. TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont eu un nombre plus élevé de mouches blanches adultes et de nymphes ceci à cause de l'abondance et de la pubescence de leurs feuilles. Pour tous les cultivars, le grand nombre de nymphes a été obtenu dans les parcelles non fertilisées comparées à celles fertilisées. Les cultivars locaux Ekobele et Ngon kribi ont présenté une sévérité et une incidence élevées à la MAM comparé aux cultivars améliorés. Tous les cultivars ont été faiblement affectés par la bactériose et la fertilisation n'a eu aucun effet sur la mosaïque et la bactériose. La sévérité de l'anthracnose est plus élevée sur les cultivars non fertilisés comparés à ceux fertilisés. Nous avons constaté une forte corrélation entre la sévérité de la MAM et le rendement. L'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraine une diminution de 26,4% du nombre de tubercules/ plant et une diminution de 43,4% de poids en tubercule frais.

MOTS-CLEFS: Cameroun, manioc, cultivar, fertilisation, mouche blanche, mosaïque.

1 INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante arbustive pérenne appartenant à la famille des euphorbiacées. Il est originaire de l'Amérique latine et a été introduit en Afrique par les portugais vers la fin du 16^{e} siècle [1]. La production mondiale annuelle de manioc est estimée à 250 millions de tonnes avec une contribution africaine d'environ 47% [2]. Le manioc constitue 40% de l'ensemble des calories consommées en Afrique. Au Cameroun, la production annuelle moyenne de manioc est d'environ 19 millions de tonnes [3]. Il représente la deuxième source de revenus dans les zones rurales après les cultures de rente telles que le café et le cacao [4]. Le manioc procure une sécurité alimentaire aux petits paysans pratiquant une agriculture de subsistance. Il est utilisé pour l'alimentation humaine (85 % de la population), animale, et dans de nombreux secteurs industriels [5. Il est cultivé dans toutes les zones agro écologiques, couvrant neuf des dix régions avec une forte propension dans le «Grand Sud » Cameroun (comprenant les régions de l'Est, du Centre, du Sud, du Littoral, Sud-ouest, et du Nord-ouest). Une grande diversité de cultivars de manioc est rencontrée dans les zones de culture [1] et [6], ceci à cause de sa culture facile, sa disponibilité toute l'année et sa tolérance aux conditions extrêmes de stress écologiques et biotiques [7].

Malgré les avantages que procure la culture du manioc, l'offre camerounaise reste insatisfaisante car la demande annuelle se situe autour de 50 millions de tonnes, soit un déficit de production annuelle de 31 millions de tonne [8]. Ce déficit peut être attribué : aux contraintes agronomiques (baisse de fertilité du sol, usage des cultivars locaux moins productifs etc.), aux maladies et aux ravageurs [9], [10] et [11]. Parmi les ravageurs, on enregistre certains arthropodes tels que : la cochenille africaine des racines et tubercules (*Stictoccocus vayssierei* Richard), la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero), l'acarien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa* Bondar). A cette liste s'ajoute la mouche blanche (*Bemisia tabaci* Genn) qui est sur le plan économique l'un des plus importants ; car responsable de la dissémination du virus de la mosaïque africaine du manioc (MAM) [12], [13. Sa découverte remonte à 1894 par Warburg, Le virus responsable de la maladie est un *Begomovirus* de la famille des *Gemini virus*, appelé virus de la mosaïque africaine du manioc. La maladie se caractérise par une déformation des feuilles et une forte mosaïque qui s'explique par des taches jaunes ou vert clair couvrant 20 à 100% du limbe [14], [15]. Cette maladie qui est une véritable pandémie en Afrique Centrale est à l'origine de la chute du rendement de l'ordre de 40 à 90% [16]. Face aux multiples problèmes que pose la mouche blanche, plusieurs méthodes de contrôles ont été élaborées sans véritable succès [17]. C'est pourquoi des études doivent continuer pour trouver un moyen de control efficace de ce ravageur. C'est dans cette logique que nous optons pour une approche de lutte culturale avec usage des cultivars résistants [18], [19],. Après vulgarisation des cultivars améliorés aux producteurs, il est important de réévaluer leurs performances agronomiques et parasitaires dans différentes zones agro-écologiques, afin de s'assurer de la maintenance de leur pouvoir productif et de leur résistance aux maladies et aux ravageurs. Il est également important de montrer aux paysans les avantages liés à la fertilisation du sol pour la culture du manioc.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Cette investigation a été faite dans le Département de la Mvila, Arrondissement d'Ebolowa II, région du Sud Cameroun ; particulièrement dans trois quartiers du village Bityili (2°56' N, 11°11' E) à savoir Tyele, Minkon-Mingon et Mekoto. Située entre 2° et 6° de latitude Nord, la région du Sud s'étend du golfe de Guinée à l'Ouest jusqu'à la cuvette du Congo à l'Est. Elle s'ouvre à l'Océan Atlantique sur 380 km de côte et se partage le vaste domaine équatorial d'Afrique centrale avec la République Centrafricaine à l'Est, la Guinée Equatoriale, le Congo et le Gabon au Sud. Le climat qui domine dans la région du Sud est un climat équatorial type guinéen (climat chaud et humide) caractérisé par l'existence de quatre saisons dont deux saisons (grande et petite) sèches (Décembre - Mars ; Juillet – Août, respectivement) et deux saisons (petite et grande) de pluies (Avril - Juin ; Septembre – Novembre, respectivement). Les précipitations y sont abondantes avec des moyennes pluviométriques annuelles de 1500 – 2000mm [20]. La région du Sud Cameroun est caractérisée par deux types de sols à savoir les sols hydromorphes et les sols ferralitiques rouge et jaune.

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

L'étude a été faite sur cinq cultivars de manioc dont trois cultivars améliorés et deux cultivars locaux. Les cultivars améliorés étaient constitués de:

- TMS92/0326 ;
- TMS96/1414 ;
- 8034.

Les cultivars locaux étaient constitués de :

- « Ekobélé »;
- « NgonKribi ».

Les boutures des cultivars améliorés ont été fournies par l'IRAD (8034) et l'IITA (TMS92/0326, TMS96/1414) ; et celles des cultivars locaux ont été obtenues par sélection des plants dans les champs paysans de la localité.

2.3 MÉTHODOLOGIE

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La mise en place des champs a été faite pendant la deuxième saison de culture de 2016. L'essai a été conduit suivant un dispositif en blocs complètement randomisés avec 3 répétitions et 2 facteurs de traitements. Ces derniers étaient constitués des cultivars de manioc et de la fertilisation du sol. Chaque bloc (site ou quartier) était constitué de 30 unités expérimentales de 10m x10m chacune. Les unités expérimentales (parcelles) étaient séparées de 2 mètres l'une de l'autre. Les trois sites différaient par leur degré de fertilité des sols : le site Minkon Mingon fut une jachère non améliorée d'au moins 10 ans situé loin des cases d'habitation contrairement aux sites Mekoto et Tyele qui, entourés des champs paysans, avaient une jachère de 3 et 2 ans, respectivement avant leur mise sous culture de manioc à partir de Juin 2014.

2.3.2 MISE EN PLACE DES CHAMPS

Les parcelles choisies ont été manuellement défrichées, nettoyées et labourées. Les boutures de 30 cm préalablement préparées ont été semées en ligne à une densité de $1m^2$; les ¾ de la bouture enfouis obliquement dans le sol. L'engrais minéral composé, de formule 10 – 10 – 20 a été appliqué à trois mois et à six mois après semis à une dose de 200kg/ha.

2.4 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est faite trois fois pendant la petite saison sèche (Juillet –Août 2016) dans chaque site à intervalle de deux semaines chacune. Les observations suivantes ont été effectuées :

2.4.1 EVALUATION DES POPULATIONS DE MOUCHES BLANCHES

L'évaluation des populations de mouches blanches a commencé 6 mois après semis. Dix plants ont été échantillonnés et marqués au hasard sur chaque unité expérimentale tout en évitant les plants de bordure. Sur chaque plant, les mouches blanches adultes ont été comptées toutes les deux semaines sur la face inférieure des cinq feuilles terminales d'un apex. Le comptage s'est fait en retournant doucement et délicatement l'apex tenu entre deux doigts par le pétiole, les mouches blanches étant situées sur la face inférieure [21], [22], [18]. Les nymphes ont été comptées à l'œil nu. Le comptage a été fait sur une feuille choisie au hasard entre la 9^{e} et la 14^{e} feuille terminale [23]. Les paramètres suivants ont été évalués:

- Nombre de mouches adultes par apex ;
- Nombre de nymphes ;

2.4.2 EVALUATION DE LA SÉVÉRITÉ ET DE L'INCIDENCE DES MALADIES

Les symptômes visibles ont permis d'identifier la présence des maladies sur chaque cultivar. A cet effet la sévérité (S= surface malade/ surface totale considérées de chaque plant x 100) a été estimée en utilisant l'échelle de cotation de sévérité de 1 à 5, [24] ainsi décrite:

- 1 : pas de symptômes ou pas de maladie ;
- 2 : sévérité située entre 1% et 25 % ;
- 3 : sévérité située entre 25 % et 50 % ;
- 4 : sévérité située entre 50 % et 75 % ;
- 5: sévérité située entre 75 % et 100%.

Par ailleurs, l'incidence a également été estimée en relevant après chaque deux semaine le nombre de plants malades et le nombre de plants total sur chaque parcelle. (I= nombre de plants malades / nombre total de plant considéré x100).

2.4.3 EVALUATION DU RENDEMENT

Pendant la récolte, les paramètres tels que le nombre de tubercule par plant, le poids de la biomasse aérienne et le rendement en tubercules frais ont été évalués sur les plants étiquetés. Le nombre de tubercules a été obtenu par comptage, le poids frais de la biomasse et le rendement en tubercules frais ont été obtenus par pesée à l'aide d'une balance.

2.4.4 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Le logiciel Excel nous a permis de saisir et de traiter les données. Ces dernières ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel SAS version 9.2. Les tests de Turkey (PPDS) et Student au seuil de probabilité de 5% ($P<0,05$) ont été utilisés pour comparer les moyennes.

3 RESULTATS

3.1 ABONDANCE DES POPULATIONS DE MOUCHES BLANCHES

3.1.1 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES EN FONCTION DES CULTIVARS

La présence des adultes et des nymphes de *B. tabaci* a été identifiée sur tous les cultivars. Les analyses statistiques ont montré que les cinq cultivars présentent une différence hautement significative ($p<0,0001$) de l'abondance des populations de mouches blanches adultes et de nymphes (Tableau 1).

Sur chaque cultivar, le nombre de nymphes était plus élevé que le nombre de mouches blanches adultes. Pour chaque stade séparément, le nombre d'insectes observé sur les cultivars locaux était significativement plus faible comparé aux cultivars améliorés. Parmi les cultivars améliorés tels que nous indique le tableau ci-dessous il n y'avait aucune différence significative entre la TMS 92/0326 et la TMS 96/1414, mais ces derniers avaient un nombre d'insectes significativement plus élevé que le 8034.

Tableau 1. Variation du nombre moyen de mouches blanches adultes et des nymphes en fonction des cultivars.

Cultivars	Moyenne de mouches adultes	Moyenne de nymphes
TMS 92/0326	3,99 ±0,20a	9,22 ±0,75a
TMS 96/1414	3,81±0,15a	7,74 ±0,64a
8034	2,66 ±0,14b	4,42 ±0,49b
Ekobele	1,88 ±0,10c	2,48 ±0,18c
Ngonkribi	1,64 ±0,09c	1,72 ±0,14c
probabilité ($P_{0.05}$)	***	***

Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.
**** Significatif à P < 0.0001. (Ces valeurs sont les moyennes des trois périodes de collecte de données et des trois sites)*

3.1.2 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

La figure 1 présente la population de mouches blanches adultes et de nymphes en fonction de la fertilisation du sol. Pour les trois périodes d'observation sur les trois sites, les 5 cultivars ont présentés le même comportement. Il y ressort que toutes les parcelles ont été infestées par les mouches blanches. Cependant pour les cinq cultivars, nous n'avons observé aucune différence statistique significative de la fertilisation du sol sur le nombre moyen de mouches blanches adultes contrairement aux nymphes (P>0,05). Par contre, une différence significative de la population des nymphes normales (P=0,03) a été observée. Les cultivars non fertilisés ont eu un nombre élevé de nymphes (5,61 ±0,36) comparés à ceux fertilisés (4,62 ± 0,27).

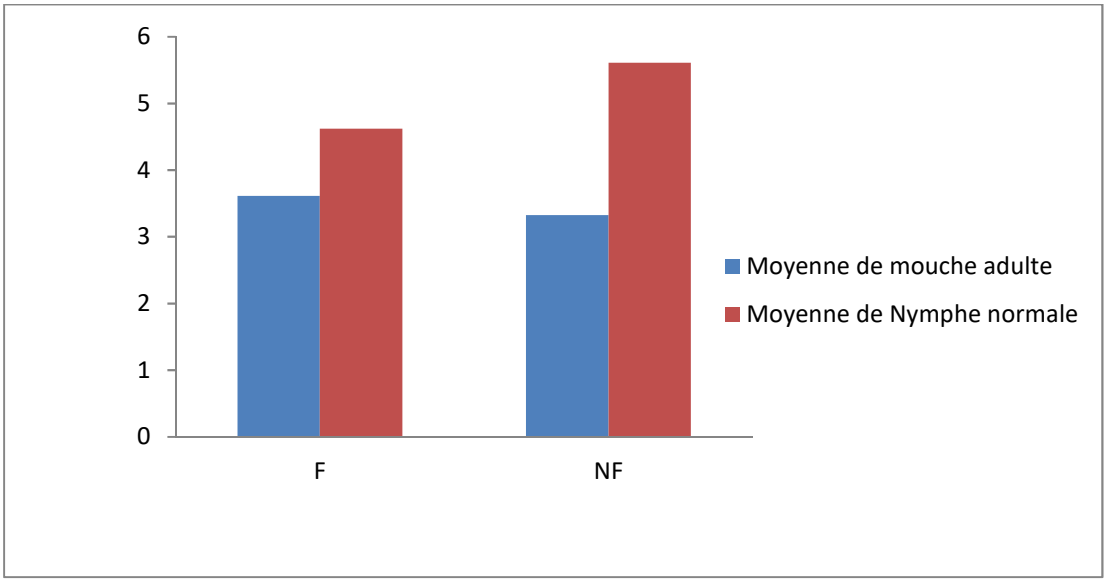


Fig. 1. Variation du nombre moyen de mouches blanches adultes et de nymphes en fonction de la fertilisation du sol

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.1.3 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES AU NIVEAU DE CHAQUE SITE

La présence des populations de mouches blanches a été observée sur chaque site. Les analyses ont présenté une différence statistiquement significative des mouches blanches entre les différents sites. Le nombre moyen de mouches adultes et de nymphes normales était significativement plus élevé à Minkon-Mingon qu'à Tyele et Mekoto (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre moyen de mouches blanches adultes et de nymphes normales sur chaque site

Population de mouches blanches	Sites			TraitSign. ($P_{0.05}$)
	MinkonMingon	Mekoto	Tyele	
moyenne de mouches adultes	3,72±0,15a	2,35±0,12b	2,33±0,08b	***
moyenne de nymphes normales	7,44± 0,41a	2,64±0,51c	5,26±0,39b	***

Sur une ligne, les moyennes suivies par la même lettre sont ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. Les moyennes ont été comparées par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS).
**** Significatif à P < 0.0001. Trait Sign. : Trait significatif. Les valeurs pour chaque site correspondent aux moyennes des 5 cultivars et des deux systèmes de fertilisation*

3.2 SÉVÉRITÉ DES MALADIES EN FONCTION DES CULTIVARS

Tous les cultivars ont présenté les symptômes de la mosaïque, de l'anthracnose et de la bactériose. Les cultivars TMS92/0326 et TMS96/1414 présentaient juste des traces de la mosaïque sur quelques feuilles.

3.2.1 SÉVÉRITÉ DE LA MOSAÏQUE AFRICAINE DU MANIOC

L'interaction entre les sites et les cultivars étant hautement positive (p<0,0001), la sévérité de la mosaïque africaine du manioc (MAM) sur les cultivars varie en fonction des sites. Par conséquent, les données sur la sévérité ont été présentées séparément par site. Au niveau de chaque site, on constate des différences significatives (p<0,0001) entre les cultivars. De façon générale, les parcelles de TMS 92/0326 et de TMS 96/1414 ont une sévérité de la (MAM) en trace contrairement aux parcelles des cultivars locaux dont plus de 50% des plants montrent une sévérité de plus de 75%. Nous observons également la sévérité de la MAM plus élevée à Tyele et Minkon Mingon et faible à Mekoto (Tableau 5).

3.2.2 SÉVÉRITÉ DE L'ANTHRACNOSE DU MANIOC

Tout comme la mosaïque, l'interaction entre les sites et les cultivars pour la sévérité de l'anthracnose est hautement positive (p<0,0001). Par conséquent, les données ont été présentées séparément par site (Tableau 6). Les résultats montrent que globalement, les parcelles des cultivars locaux ont une sévérité élevée (50%) comparée à celle des cultivars améliorés (25%). La sévérité de la maladie est plus élevée à Mekoto et plus faible à Tyele et Minkon Mingon (Tableau 3).

3.2.3 SÉVÉRITÉ DE LA BACTÉRIOSE DU MANIOC

Tous les cultivars ont présentés les symptômes de la bactériose. Aucun cas de forte sévérité n'a été enregistré ni sur les cultivars améliorés ni sur les cultivars locaux quel que soit le site. Par ailleurs, les cultivars locaux ont présenté une sévérité élevée comparée aux cultivars améliorés même si cette sévérité n'était pas statistiquement significative. Le Tableau 3 nous présente les pourcentages des plants en fonction de leurs degrés de sévérité.

Tableau 3. Pourcentage moyen d'infection des maladies sur chaque cultivars en fonction du degré de sévérité sur chaque site

Cultivar	Cotation	Sites								
		Mekoto			Minkon Mingon			Tyele		
		MAM	CAD	CBB	MAM	CAD	CBB	MAM	CAD	CBB
	1	47,78	6,67	0	57,78	4,44	0	59,94	9,99	4,44
	2	12,22	71,11	97,78	18,89	83,33	87,78	23,31	62,16	94,35
	3	28,89	18,89	2,22	15,56	12,22	12,22	13,32	23,31	1,11
8034	4	8,89	3,33	0	7,78	0	0	3,33	4,44	0
	5	2,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	90	32,22	1,11	87,78	12,22	1,11	91,02	28,86	1,11
	2	10	52,22	88,89	11,11	76,67	85,56	8,88	62,16	88,8
	3	0	11,11	10	1,11	11,11	13,33	0	7,77	9,99
TMS 92/0326	4	0	3,33	0	0	0	0	0	1,11	0
	5	0	1,11	0	0	0	0	0	0	0
	1	80	0	0	87,78	18,89	2,22	79,92	23,31	4,44
	2	13,33	16,67	0	8,89	76,67	96,67	8,88	68,82	94,35
	3	6,66	60	91,10	3,33	4,44	1,11	4,44	6,66	1,11
TMS 96/1414	4	0	20	7,78	0	0	0	4,44	1,11	0
	5	0	3,33	1,11	0	0	0	2,22	0	0
	1	1,11	2,22	1,11	0	0	0	0	6,66	0
	2	3,33	43,33	62,22	12,2	44,44	66,67	0	49,95	87,69
	3	4,44	31,11	33,33	42,22	47,78	33,33	15,54	33,3	12,21
Ekobele	4	41,11	20	3,33	45,56	7,78	0	32,19	8,88	0
	5	50	3,33		0	0	0	52,17	1,11	0
	1	10	5,55	0	2,22	1,11	0	1,11	9,99	0
	2	6,67	43,33	74,44	1,11	51,11	66,66	7,77	48,84	94,35
	3	15,56	34,44	24,44	11,11	39,99	33,33	5,55	34,41	5,55
Ngonkribi	4	26,67	15,55	1,11	41,11	6,67	0	32,19	4,44	0
	5	41,11	1,11	0	44,44	1,11	0	53,28	2,22	0

MAM: mosaïque africaine du manioc ; CAD: anthracnose du manioc ; CBB: bactériose du manioc. Cotation : 1 pas de symptôme de la maladie ; 2 symptômes inférieures à 25% ; 3 symptômes inférieure à 50% ; 4 symptômes inférieure à 75% et 5 plus de 75% de symptômes de la maladie. Les symptômes ont été évalués sur 5 plants entiers de chaque parcelle.

3.3 SÉVÉRITÉ DES MALADIES EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Les cultivars fertilisés ont la sévérité de la mosaïque légèrement supérieure à celle de ceux non fertilisés même si cette différence n'est pas statistiquement significative. La fertilisation du sol a affecté significativement ($p<0,05$) l'anthracnose et la bactériose. L'anthracnose a été plus sévère sur les cultivars non fertilisés comparé à ceux fertilisés. Par ailleurs, nous avons une interaction positive ($p<0,05$) sites-fertilisation pour ce qui est de l'anthracnose indiquant un niveau de sévérité variant d'un site à l'autre. A Mekoto et à Tyele, les parcelles fertilisées ont montré une sévérité à l'anthracnose significativement plus élevée que celle non-fertilisées contrairement à Minkon Mingon (Figure 2). Les cultivars fertilisés ont une sévérité de la bactériose légèrement supérieure à celle de ceux non fertilisés.

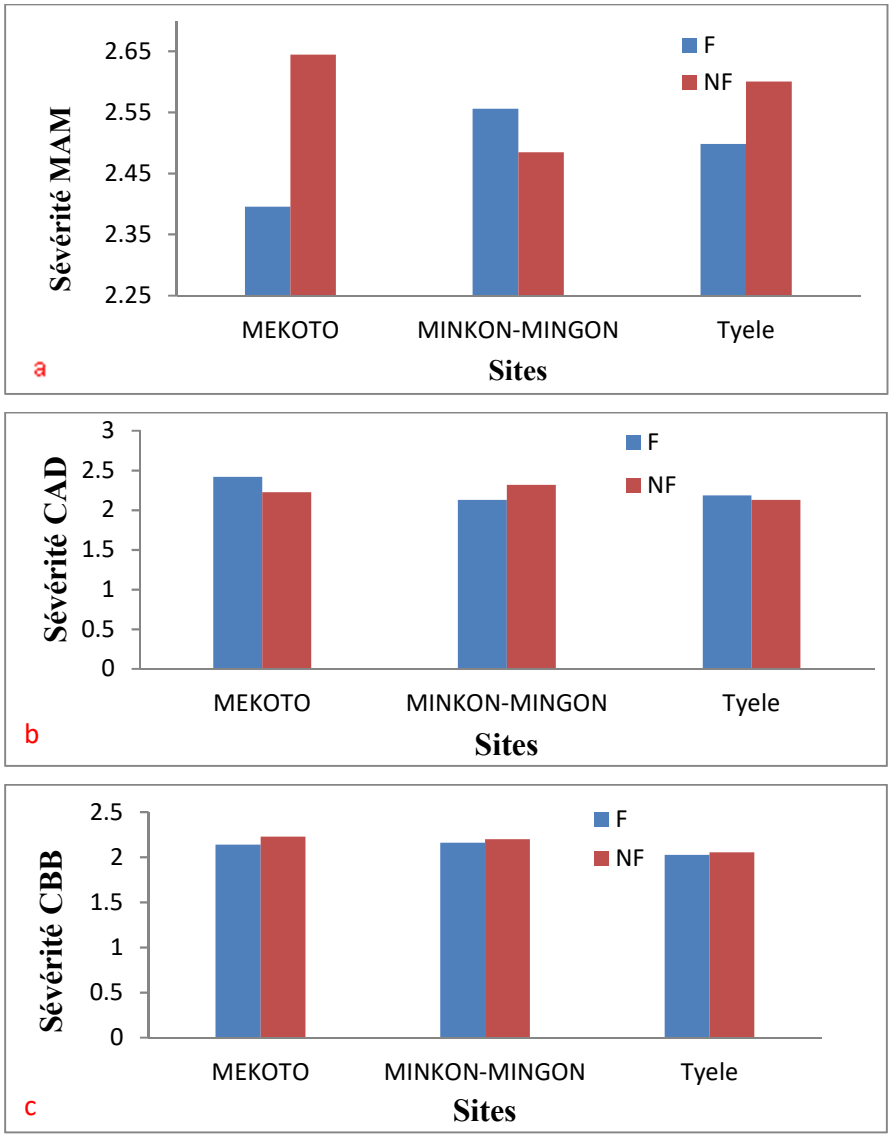


Fig. 2. Variation de la sévérité de la mosaïque (MAM) (a), de l'anthracnose (CAD) (b) et de la bactériose (CBB) (c) en fonction de la fertilisation sur chaque des sites

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.4 INCIDENCE DE LA MOSAÏQUE, DE L'ANTHRACNOSE ET DE LA BACTÉRIOSE

3.4.1 VARIATION DE L'INCIDENCE ENTRE LES DIFFÉRENTS CULTIVARS

D'après l'analyse de la variance, il existe une différence hautement significative ($p<0,0001$) de l'incidence de la mosaïque et de l'anthracnose entre les cultivars (Figure 3). Les traces de la mosaïque ont été notées sur quelques plants des cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414. Par contre, presque tous les plants des cultivars Ekobele et Ngon kribi ont présenté les symptômes de la mosaïque. Le cultivar amélioré 8034 a présenté une incidence intermédiaire plus ou moins élevée. L'incidence de l'anthracnose a été plus ou moins équilibrée entre les cultivars, avec TMS 92/0326 et TMS 96/1414 montrant les plus faibles pourcentages. Il n'existe aucune différence statistique de l'incidence de la CBB entre les différents cultivars.

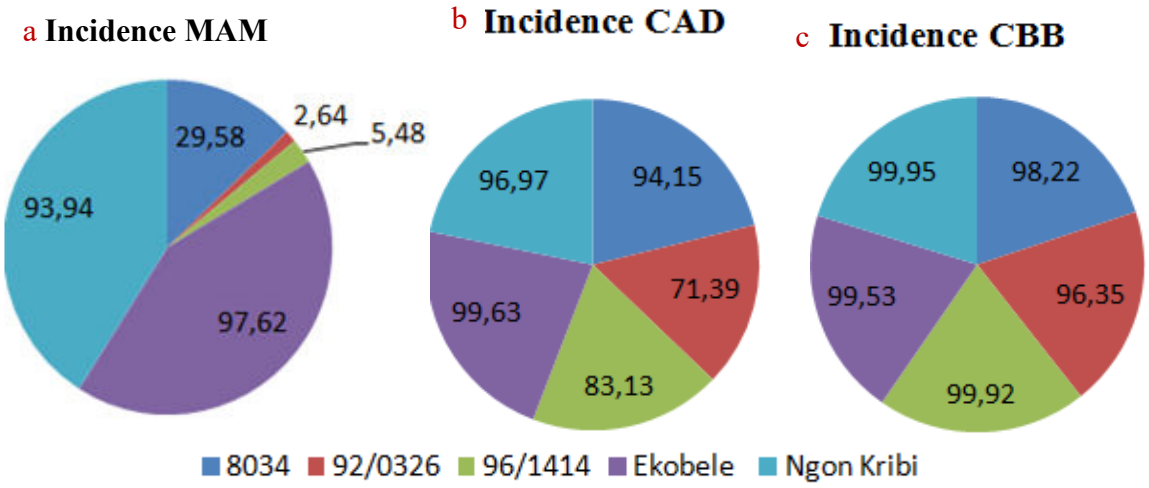


Fig. 3. Incidence de la MAM (a), de la CAD (b), et de la CBB (c) entre les cultivars

3.4.2 VARIATION DE L'INCIDENCE DE LA MALADIE AU NIVEAU DES DIFFÉRENTS SITES

Une interaction positive (p<0,05) entre les sites et les cultivars a été constatée pour la mosaïque et l'anthracnose. Les analyses n'ont présenté aucune différence de l'incidence de la bactériose entre les cultivars au niveau des sites (Tableau 4).

Tableau 4. Incidence de la MAM, CAD et CBB sur chaque cultivar en fonction des sites

	Mekoto		MinkonMingon		Tyele		Total
Cultivars	MAM (%)	CAD (%)	MAM (%)	CAD (%)	MAM (%)	CAD (%)	CBB (%)
Ekobele	94,47a	99,82a	99,84a	99,78a	99,35a	95,94a	100a
Ngonkribi	87,42a	93,11ab	95,08a	99,56a	96,01a	93,60a	99,92ab
8034	29,13b	91,16ab	32,60b	98,09a	27,00b	93,21a	95,90b
TMS96/1414	2,19c	84,31bc	11,94c	89,08b	2,65c	73,80b	99,54ab
TMS92/0326	1,67c	75,72	8,19c	84,87b	0,0001c	61,25c	98,68ab
Trait Sign.	***	*	***	*	***	*	ns

*Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre sont ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif àP < 0.05,*** Significatif à P < 0.0001.ns : non significatif. Trait Sign : trait significatif*

3.4.3 VARIATION DE L'INCIDENCE EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

L'incidence de l'anthracnose et de la bactériose n'a pas été affectée par l'application de l'engrais, contrairement à la mosaïque qui a présenté un effet positif (p<0.05). Par contre, pour cette maladie, l'interaction entre les sites et la fertilisation a été positive (p<0.05); témoignant une nature différente de l'incidence en fonction des sites sous l'effet de la fertilisation (Figure 4). L'analyse a montré que l'interaction entre les cultivars et la fertilisation n'est pas significative. La fertilisation du sol n'a aucun effet sur cette maladie à Mekoto et Tyele contrairement à Minkon Mingon. Pour ce dernier site, Les parcelles fertilisées ont une incidence élevée de la MAM (52,71%) contrairement à celle non fertilisées (46,34%).

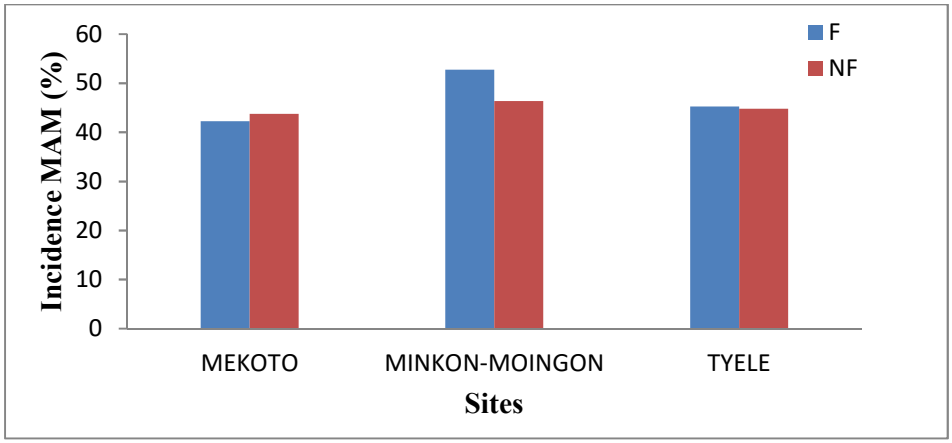


Fig. 4. Incidence de la MAM en fonction de la fertilisation du sol

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.5 EVALUATION DU RENDEMENT

3.5.1 RENDEMENT EN FONCTION DES CULTIVARS

Comme nous indiquent les moyennes dans le Tableau 5, les cultivars ont présenté une différence statistique significative pour ce qui est du nombre de tubercules par plant (P <0,001), de la biomasse aérienne par plant (P=0,004) et du poids de tubercules frais à l'hectare (P <0,001). Ces cultivars n'ont présenté aucune différence pour ce qui est des paramètres ci-dessus au niveau des trois sites.

Tableau 5. Rendement en tubercules et biomasse aérienne de chaque cultivar

Cultivars	Nombre de tubercule /Plant	masse de Biomasse Kg/Plant	Poids de tubercule t/ha
8034	3,02 ab	3,38 a	12,96 c
92/0326	3,19 a	2,6 b	14,9 a
96/1414	3,79 a	2,62 b	15,35 a
Ekobele	2 b	1,97 bc	12,43 c
NgonKribi	2,65 b	1,95 bc	13,08 b
Trait Sign.	*	*	*

*Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif à P < 0.05.Trait Sign : trait significatif*

3.5.2 EVALUATION DU RENDEMENT EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Nous observons une influence de fertilisation du sol uniquement au niveau de la biomasse aérienne ou l'interaction a été positive. Les plants fertilisés ont eu un développement végétatif plus important et, un nombre de tubercules et de poids frais plus élevé que ceux non fertilisés, même si cette dernière n'est pas statistiquement significative (tableau 6).

Tableau 6. Rendement en fonction de la fertilisation du sol

	Nombre de tubercule /Plant		masse de Biomasse Kg/Plant		Poids de tubercule t/ha	
Cultivars	F	N F	F	N F	F	N F
8034	3,08	2,95	4,05 a	2,71 b	12,88	13,04
92/0326	3,07	3,30	3,04 a	2,16 b	14,90	14,89
96/1414	3,79	3,79	3,54 a	1,69 b	15,54	15,14
Ekobele	2,06	1,93	2,42 a	1,50 b	13,10	11,74
Ngon Kribi	3,06	2,24	2,67 a	1,22 b	13,60	12,55
Trait Sign.			*			

*F : Fertilisé; NF: Non fertilisé. Sur une ligne, pour chaque paramètre, les moyennes suivies par la même lettre t ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif à P < 0.05.Trait Sign : trait significatif. Les valeurs correspondent aux moyennes des 3 sites*

3.5.3 EFFET DE LA MAM SUR LE RENDEMENT

Les analyses nous ont présentées une relation linéaire entre la sévérité de la MAM et le nombre de tubercules par plant, entre cette même sévérité et le rendement en tubercules, et ceci quel que soit le cultivar, le site ou le système de fertilisation. La figure 5 nous présente la sévérité de la mosaïque africaine du manioc, le nombre moyen de tubercules par plant et le rendement moyen en tubercules frais. Nous avons une relation négative très puissante entre la sévérité de la MAM et le nombre de tubercules par plant. En effet le nombre de tubercules par plant diminue avec l'augmentation de la sévérité de la MAM. Précisément, d'après l'équation de régression y = -0,264x + 3,598, le nombre de tubercules par plant diminue de 26,4% lorsque la sévérité augmente de 1 à 25%.

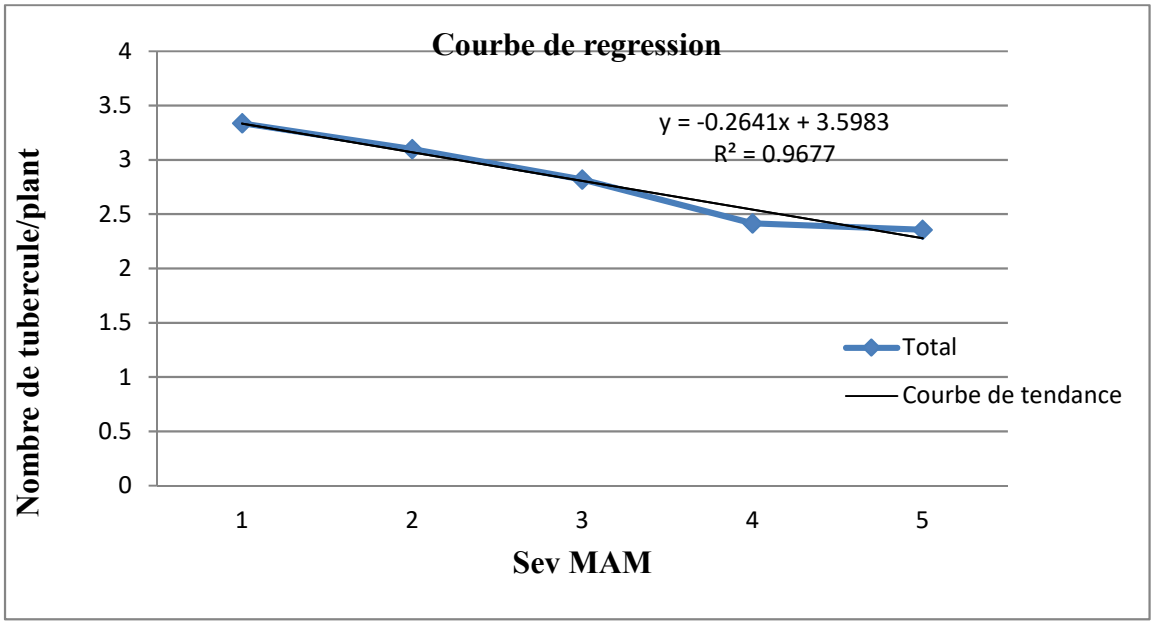


Fig. 5. Courbe de régression entre le nombre de plant/tubercules et la sévérité de la MAM

3.5.4 SÉVÉRITÉ DE LA MAM ET LE RENDEMENT EN TUBERCULES FRAIS

La Figure 6 nous présente l'évolution du rendement en tubercules frais en fonction de la sévérité de la mosaïque africaine du manioc. D'après cette dernière et son équation de régression, nous avons également une relation négative forte entre la sévérité de la MAM et le poids en tubercules frais. Nous pouvons dire que l'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraine une diminution de 43,4% du poids en tubercules frais.

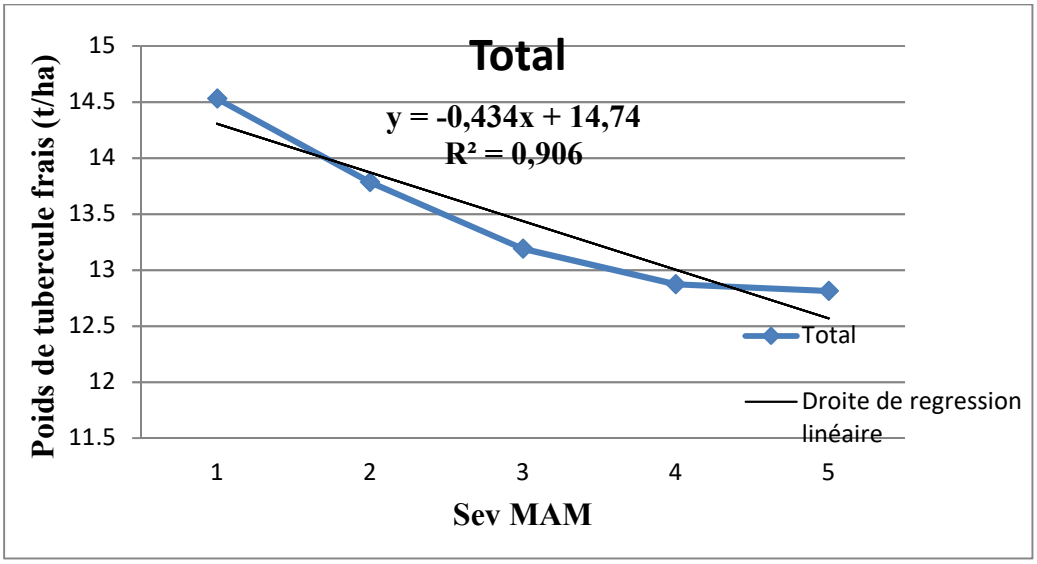


Fig. 6. régression entre le rendement à l'hectare et la sévérité de la MAM

4 DISCUSSION

4.1 ABONDANCE DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES

L'infestation des champs de manioc par *B. tabaci,* responsable de la mosaïque africaine du manioc au cours de ce travail a permis d'apprécier en conditions naturelles le développement de cet insecte sur les cultivars de manioc. Dans nos parcelles expérimentales, nous avons observé en général une faible pullulation des populations de mouches blanches (adultes et nymphes), pourtant les observations ont été faites en saison sèche et d'après les travaux de [25] au Kenya, les populations de mouches blanches sont plus abondantes en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Cette faible population peut se justifier par l'âge des plants qui étaient à 6 mois durant les observations. D'après les travaux de [26], on enregistre un nombre maximal de mouches blanches sur les plants de manioc de 3 à 4 mois après semis (MAS), puis ce nombre diminue très rapidement entre 5 à 8 MAS. L'âge du manioc a donc une importance déterminante: les populations de *B. tabaci* diminuent après trois MAS et leur activité est modifiée. I1 est possible que se produisent alors des mouvements de type migratoire [27]. Les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont enregistré un nombre élevé de mouches blanches ; Ceci peut se justifier par la présence de petits poils observés en champ au niveau de leur apex. Ce résultat corrobore avec celui de [28], [29] et [30] qui ont trouvé que les mouches blanches préfèrent des cultivars à feuilles pubescentes au niveau de l'apex. Ces poils conservent une humidité relative favorable au développement des mouches [21]. La pilosité des jeunes feuilles a donc joué non seulement un rôle dans la phase d'attraction mais surtout dans la phase de multiplication (le microclimat favorable pour les nymphes).Cette différence de population de mouches pourrait également se justifier par le niveau de floraison et l'abondance de biomasse de chaque cultivar. Après évaluation du niveau de floraison, la majorité des plants des cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 était sans fleurs contrairement aux cultivars 8034, Ekobele et Ngon kribi qui en plus des fleurs portaient également des fruits. Il est démontré que la pullulation des mouches diminue avec l'apparition des fleurs, probablement à cause de la diminution des substances nutritives nécessaires au développement de cet insecte [31] d'où la faible infestation des cultivars locaux et 8034. Il existe une forte corrélation entre le nombre de feuilles et le nombre de mouches blanches [21] car le TMS 92/0326 a été baptisé de « abui-pkwem » (bon pkwem) à cause de la présence massive des feuilles. De plus, d'après les travaux de [31], ce même cultivar, à feuilles touffues abritait le plus grand nombre de mouches blanches adultes et de nymphes en champ.

Le site Minkon Mingon a eu un nombre moyen élevé de mouches blanches comparé aux autres sites. Cette différence statistique de mouches blanches (adultes et de nymphes) entre les trois sites peut se justifier d'abord par la forte teneur du sol du site Minkon Mingon en éléments nutritifs particulièrement en azote soluble comme indiqué par [22] dans ses travaux en Côte d'Ivoire. Egalement, la localisation géographique de ce site par rapport aux cases d'habitation et aux champs paysans peut expliquer dans une moindre mesure ce résultat. Le site Minkon Mingon est une jachère d'au moins dix ans située en pleine forêt ayant à ces périphéries uniquement quelques champs de cacao. Cette jachère hébergerait donc les plantes hôtes. De plus, étant le seul champ de manioc du site, il réunit un nombre élevé de *B. tabaci*. D'ailleurs, [32] a fait des mêmes observations pour les mouches blanches adultes sur le manioc en zone de forêt. D'après les travaux de cet auteur, le nombre

de mouches blanches est toujours plus élevé dans le site le plus contaminé par la mosaïque. Les sites Tyele et Mekoto sont situés chacun entre plusieurs champs paysans ayant pour la majorité la culture de manioc ; ce qui réduit la concentration de mouches blanches sur une parcelle.

La fertilisation du sol n'a aucun effet sur les mouches adultes mais plutôt sur les nymphes. Le manioc âgé d'environ 4 à 5 mois réduit considérablement la quantité des ressources qu'il réserve à sa croissance aérienne pour le processus de tubérisation [33], [34]. Il est donc normale qu'on ne récente pas l'effet de la fertilisation du sol sur les feuilles ou sur les mouches blanches des plants de 8 mois d'âge. Les cultivars non fertilisés ont un nombre élevé de nymphes contrairement à ceux fertilisés. Donc cette faible population de nymphes sur les parcelles fertilisées pourrait être une conséquence des dégâts des ennemies naturels particulièrement le parasitoïde *Erectmocerus sp.* Cette différence se justifierait également par le fait que la fertilisation du sol renforce surement les capacités de la plante, et la rend résistante au développement des nymphes.

4.2 SÉVÉRITÉ ET INCIDENCE DES MALADIES

4.2.1 LA MOSAÏQUE

Tous les cultivars ont présenté les symptômes de la mosaïque. Les cultivars améliorés particulièrement la TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont présenté un nombre élevé de mouches blanches mais ont montré une faible sévérité et incidence à la mosaïque ; ce qui atteste le caractère de résistance conféré à ces cultivars, comme le disent [35] tout dépend du degré de résistance ou de tolérance de chaque cultivar, de plus d'après les travaux antérieurs, ces cultivars présentaient des rendements élevés en tubercules. Ainsi comme le dit [36] et [37] dans leurs récents travaux au Kenya, la densité des mouches blanches sur le manioc ne peut en aucun cas être considérer comme un indicateur de l'incidence de la mosaïque africaine du manioc [30] et [38]. La susceptibilité des cultivars locaux à la mosaïque peut être soit un phénomène génétique ou sanitaire ; c'est-à-dire soit les boutures d'origine étaient infestées [15], [24] et [39]. Notons tout de même que le matériel sélectionné peut être certes sain, mais sa capacité de résistance à l'infection demeure identique à celle du plant dont il est issu [40]. Généralement, lorsque l'infection est due aux boutures, ce sont les premières feuilles qui présentent de forte sévérité de la mosaïque [41]. Donc cette infection sur les plants de 6 MAS est probablement causée par les populations de mouches blanches observées et non à la qualité des boutures. L'absence d'un effet positif de la fertilisation du sol sur la sévérité de la mosaïque peut se justifier par le retard accusé par le premier épandage des engrais (trois mois après semis). Le manioc est plus susceptible ou sensible à la mosaïque dans les quatre premiers mois. L'incidence et la sévérité de la maladie sur les plants et dans le champ est d'autant plus sévère lorsqu'il s'agit des cultivars susceptibles comme Ekobele et Ngon kribi.

La forte sévérité de la mosaïque observée à Minkon Mingon peut être attribuée au fait que c'est l'unique parcelle de manioc de cette localité. Les résultats des travaux de [32] ont montré que les parcelles de manioc plantées, la même année, sont plus contaminées en forêt qu'en savane. Egalement, Comme le dit [40] les chances d'avoir une forte sévérité de la mosaïque sont d'autant plus grandes que la zone cultivée est plus petite, puisque la réinfection dépend en partie de la proximité des plants de manioc contaminés.

4.2.2 L'ANTHRACNOSE

Hors mis la punaise *Pseudotheraptus devastans*, le champignon *Colletotrichum gloeosporioides* est facilement transporté par la pluie et le vent et ainsi, se dissémine rapidement d'un plant à l'autre ou d'une parcelle à l'autre; ce qui justifie la présence de l'anthracnose sur tous les cultivars [42]. La forte sévérité et incidence de cette maladie sur les cultivars locaux pourrait être dû à l'origine des boutures; car ces dernières provenaient des champs paysans qui n'avaient aucun suivit.

Une forte sévérité de l'anthracnose a été observée à Minkon Mingon et Mekoto sur les parcelles non fertilisées contrairement à celles fertilisées. Nous pouvons donc dire que la fertilisation du sol renforce la capacité de résistance des plants à l'anthracnose. [43] a obtenu les mêmes résultats et a conclu d'après ses recherches que les symptômes de l'anthracnose apparaissent généralement sur les plants de 6 mois d'âge et que la sévérité de cette maladie est d'autant plus élevée lorsqu'on a une forte humidité relative (plus de 54%) comme c'est le cas à Bityili. La rareté des pluies pendant les mois de Juillet et Août, et la dureté du sol observée à Tyele pourraient justifier l'absence de l'effet de la fertilisation du sol sur la sévérité et l'incidence observée dans ce site.

4.2.3 LA BACTÉRIOSE

[47] ont rapporté que la CBB présente un maximum d'intensité en saison des pluies, puis entre en phase de dormance en saison sèche pour reprendre avec l'arrivée de la nouvelle saison de pluies. Ceci justifie la faible sévérité de la CBB observée dans toutes les parcelles. [44] ont rapporté une forte sévérité de la CBB sur des plants de manioc de 6 mois d'âge dans la zone de Pouma au Cameroun ceci sans doute parce que les observations ont été faites en pleine saison de pluie. Notons que nous n'avons presque pas connues de pluies aux mois de Juillet et d'Août dans la localité. Cette faible sévérité confirme les travaux de [45]Fabres (1994) qui a trouvé que les population de *Xanthomonas campestri* étaient élevés pendant la saisons des pluies et faibles pendant la saison sèche, et que ceci est parallèle avec les symptômes de la bactériose sur les feuilles de manioc. Donc en saison sèche la bactériose est réduite et demeure constante car le temps est défavorable pour la dispersion de la bactérie responsable de la maladie. La différence de sévérité et de l'incidence de la CBB observée entre les cultivars peut se justifier par un problème d'ordre génétique ou sanitaire des cultivars locaux.

4.3 EVALUATION DU RENDEMENT

4.3.1 RENDEMENT EN FONCTION DES CULTIVARS

Les cultivars améliorés ont présenté un rendement statistiquement supérieur à celui des cultivars locaux. Ceci se justifie par le fait que les cultivars améliorés ont été sélectionnés au laboratoire pour certaines caractéristiques telles que le rendement élevé et la résistance aux maladies. Pourtant les cultivars locaux avec le temps ont perdu leur résistances et sont devenus sensibles aux maladies particulièrement à la mosaïque africaine du manioc qui impacte hautement sur le rendement. Donc, les cultivars améliorés résistants aux maladies et ravageurs ont un rendement en tubercules plus élevé comparé aux cultivars locaux [46].

4.3.2 RENDEMENT EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Une différence a été observée uniquement au niveau de la biomasse aérienne ; les plants fertilisés ont présenté un développement végétatif plus important que ceux non fertilisés. Ceci atteste le caractère des matières fertilisantes particulièrement la présence d'azote responsable de la croissance végétative. Le non effet des engrais sur le nombre et poids de tubercules peut être dû à l'absence des éléments tels que le phosphore et le potassium pendant la fructification. Ces derniers étaient soit en dose insuffisante, soit étaient déjà lessivés avant la tubérisation pour ce qui est du premier épandage. Notons également que le deuxième épandage s'est fait début de petite saison sèche, l'insuffisance d'eau pourrait être à l'origine de la non dissolution des engrais à ce moment si déterminant, car d'après les investigations de la [4], on obtient des rendements plus élevés avec un apport d'eau beaucoup plus important. Ce non effet des engrais peut aussi se justifier par l'épuisement du sol dû aux campagnes précédentes ; un constat similaire a d'ailleurs été fait par [28]. Ces derniers ont conclu que lorsque le rendement est élevé et que les résidus de récolte ne sont pas enfouis, de grandes quantités de potassium et d'azote sont prélevées à chaque récolte.

4.3.3 EFFET DE LA MAM SUR LE RENDEMENT

L'évolution du rendement était inversement proportionnelle à l'augmentation du degré de sévérité de la mosaïque. Une augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraine une diminution de 43,4% de masse en tubercules frais. [32] suite aux différentes investigations a affirmé qu'en fonction de l'augmentation de la sévérité, les pertes peuvent aller de 24 à 78%. Et aussi affirme-t-il qu'un manioc obtenu à partir des boutures contaminées perd beaucoup plus de production qu'un plant contaminé par la mouche blanche, d'où la faible production des cultivars locaux obtenus à partir des champs paysans. La maladie réduit ainsi le pouvoir de développement des potentielles caractéristiques intrinsèques de la plante, à l'instar de sa production en tubercule [47].

5 CONCLUSION

Cette étude, traitait de la résistance de cinq cultivars de manioc par rapport aux mouches blanches en tenant compte de la fertilisation du sol, puis la sévérité et l'incidence de la mosaïque africaine du manioc, de l'anthracnose et de la bactériose. Des expériences ont été menées en champ dans trois sites différents, et il en ressort les observations suivantes:

Les cultivars améliorés TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont enregistré un nombre élevé de mouches blanches adultes et de nymphes or l'effet contraire est observé sur les cultivars locaux Ekobele et Ngon kribi. La fertilisation du sol n'a aucun effet sur les populations de mouches blanches adultes mais plutôt sur les nymphes. La sévérité et l'incidence de la mosaïque sont très faibles sur les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 comparés aux cultivars locaux Ekobele et Ngonkribi. La sévérité et l'incidence de l'anthracnose sont plus élevées sur les cultivars locaux comparés aux cultivars améliorés. Aucun cas de forte sévérité de la bactériose n'a été relevé. La sévérité de l'anthracnose a été plus élevée sur les cultivars non fertilisés comparés à ceux fertilisés. Les cultivars améliorés ont présenté un rendement en tubercules élevé comparé aux cultivars locaux. Le nombre de tubercule par plant diminue de 26,4% avec une augmentation de sévérité de 1 à 25%. L'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraine une diminution de 43,4% de masse en en tubercules frais.

Ces résultats constituent un atout dans la recherche des stratégies de lutte contre la mouche blanche et la mosaïque. L'abondance des mouches blanches sur le manioc ne traduit pas toujours une forte sévérité de la mosaïque mais tout dépend du degré de résistance ou de susceptibilité du cultivar. Nous pouvons recommander les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 pour promouvoir la culture du manioc au Cameroun et dans le Sud particulièrement du fait de leur pouvoir de résistance à la MAM plus élevé que les autres cultivars mais aussi des rendements plus importants.

REFERENCES

[1] Maroya N. G., 1997. Caractérisation morphologique des clones de manioc cultivés en Afrique de l'ouest et du centre (Bénin, Cameroun, Ghana et Nigéria), 23p.

[2] Tolly L. E., 2013. Amélioration de la commercialisation et de transformation du manioc au Cameroun: contraintes et perspectives de la chaîne de valeur, Dans : Reconstruire le potentiel alimentaire de l'Afrique de l'Ouest, A. Elbehri (ed.), FAO/FIDA. PP 1-38.

[3] Faostat., 2015. Web site: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

[4] Faostat., 2013. Web site: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

[5] Sanni L., Alenkhe B., Edosio R., Patino M. & Dixon A. 2007. Technology transfer in developing countries: Capitalizing on Equipment Development. Journal of Food, Agriculture and Environment, 5(2): pp88-91.

[6] Alex Abaca, Robert Kawuki1, Phenihas Tukamuhabwa, Yona Baguma, Anthony Pariyo, Titus Alicai, C. Christopher Omongo.A, Phillips Abidrabo, Kasifa Katono & Anton Bua., 2013. Genetic Relationships of Cassava Genotypes That are Susceptible or Tolerant to Cassava Brown Streak Disease in Uganda. Journal of Agricultural Science; Vol. 5, No. 7; 2013

[7] Fagbemissi R. C., Coulibaly O., Hanna R. & Endamana D., 2002. Adoption de variétés de manioc et efficacité durable de la lutte biologique contre l'acarien vert du manioc au Bénin, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Numéro 38, pp 1-17

[8] Faostat., 2016. Web site: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

[9] Lozano J. & Terry C., 1976.Cassava diseases and their control. In: Proceedings of the 4th symposium of ISTRC.

[10] Kabeya M., 2004. La culture du manioc en tropique et culture de tropique. CAVTK, Kinshasa, DRC, PP4-7.

[11] Legg, J.P., Lava Kumar, P., Makeshkumar, T., Tripathi, L., Ferguson, M., Kanju, E., Ntawuruhunga, P., Cuellar, W., 2015. Cassava virus diseases: biology, epidemiology, and management. In Loebenstein, Gad, Katis, Nikolaos I. (Eds.), Advances in Virus Research, vol. 91. Academic Press, Burlington, pp 85-42.

[12] Hillocks, R. J. (2000). Integrtaed crop management for smallholder farmers in Africa with special reference to coffee in Malawi. *Pest Management Science, 56*, 963–968.

[13] Ambang Z., Akoa A., Bekolo N., Nantia J., Nyobe L and Ongono B.S.Y. 2007. Tolerance of cassava (Manihot esculenta Crantz) and wild species (Manihotglaziovii) to African viral mosaic and cassava Cercospora. Tropicultura, 25 (3): 140-145.

[14] Fargette Denis., 1987. Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d1voire. Thèses soutenue le 10/12/85 à Montpellier, à l'Université des Sciences et Techniques du Langue doc. 20p.

[15] Silla Semballa, Yandia Simplice, Zinga Innocent, Kosh Komba Ephrem, Dethoua Mariette, Longué Dimitri Régis, Moîta Nassy Marielle, Ballot Christiant, Tocko Marabena brice, Valam Zango Adonise., 2007. Etude de l'état phytosanitaire du manioc en république centrafricaine et de la variabilité des souches virales en circulation. Laboratoire des Sciences Biologiques et Agronomiques pour le Développement (LASBAD). 22p.

[16] Legg J., Aggarwal V., Andrade M., Cherry A., Coulibaly O.,Coyne D., Dixon A., Gockowski J., Hanna R., Hell K., James B., Kasele I., Khizzah B., Mahungu N., & Whyte J., 2002. Integrated Management of Cassava Pests and Diseases. P 33

[17] Lenli C. O., 2003. Biology and control stratégies for whitefly *(Bemisiatabaci*Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) populations in Burkina Faso (West Africa). McGill University, Montréal, Québec ; p 219

[18] Njukwe E., Nguenkam A., Mbairanodji A., Ngue-Bissa T. & Hanna R., 2012. Improving food security and income and enhancing farmers' livelihoods in Cameroon through the introduction and promotion of improved cassava germplasm.

Proceedings of the 11th Triennial Symposium of the ISTRC-AB, Kinshasa, DRC, 4-8 October 2010. Okechukwu R. U. and Ntawuruhunga P. (Ed.).pp289-292.

[19] Araki S. and Saito H.2013. Monitoring soil erosion and water run-off by different soil conservation methods: Results of Andom experiments between 2010–2012. *In Progress report 2012, Forest-Savanna Sustainability Project Cameroon*

[20] FOSAS, 2011. International symposium of forest – Savana – Sustainability, made in Cameoon by JICA and Ministry of Scientific research and Innovation

[21] HaIder Van L. & Van Helden M., 1986. Mécanismes de résistance du manioc à *Bemisiatabaci*(Gennadius) vecteur de la Mosaïque Africaine du Manioc, 55p.

[22] Fargette D., 1985. Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d1voire. Thèses soutenue le 10/12/85 à Montpellier, à l'Université des Sciences et Techniques du Langue doc. 20p.

[23] Mound L.A., 1973. Thrips and Whitefly, pp. 229-242. In Viruses and Invertebrates, Ed. A.J. GIBBS. Elsevier, Amsterdam. 26 P

[24] Sarr p. S., Shigeru, A. &Njukw E. E., 2013: Interactions between cassava varieties and soil characteristics in crop production in eastern Cameroon,African Study Monographs, 34 (4): pp187–202

[25] Sing'ombe G, Ateka E, Miano D, Githiri S, Munga T et Mwaura S, 2015. Assessment of the responses the responses of cassava (Manihot esculenta) breeder's germplasm to cassava mosaic virus (CMD) infection in Kenya. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*.Vol. 6(4): 120-129.

[26] Seruwagi P., Otim-Nape G.W., Osiru D.S.O. & Thresh J.M., 2003. Influence of NPK fertilisar on populations of the whitefly vectors and incidence of cassava mosaic virus disease. Africancrop science Journal. 11(3) : pp. 171 – 179

[27] Fargette Denis, 1994. Les maladies virales des plantes transmises par aleurodes en afrique de l'ouest. Projet CEE (TS2A-01374). P 44

[28] Akanza P.K. & Yao-Kouamé A., 2011 Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) et diagnostic des carences du sol ; Journal of Applied Biosciences 46: pp 3163– 3172

[29] B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai., 2014. Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC). TROPICULTURA, 2014, 32, 4, 158-167

[30] A. Mogo, M. W. C. Tagong, E. L. Ngonkeu Mangaptche, J. N. Fomekong, Fotso and N. Woin, 2018. Assessment of Tolerance Potential of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Genotypes to Whiteflies (*Bemisia tabaci*) in East Cameroon. *Annual Research & Review in Biology 25(4): 1-12, 2018.*

[31] Tene T. M., 2014. Evaluation des performances de développement de la mouche blanche *Bemisiatabaci* (Homoptera : Aleyrodidea) sur quelques génotypes de manioc (*Manihotesculenta*Crantz). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. 41 p.

[32] Fauquet C., Fargette D. & Thouvenel J.C., 1998. Épidémiologie de la mosaïque africaine du manioc a l'échelle régionale en côte d'ivoire. Laboratoire de Phytovirologie, ORS'IOM, BP V 5 1, 4P

[33] Silvestre P. &Arraudeau M., 1983. Le Manioc.Techniques agricoles et Productions Tropicales 23. Editions Maisonneuve + Larose, 262p.

[34] Fishpool, L.D.C., Van Helden, Van Halder L, Fauquet C. &Fargette D. 1983. Contrôle des populations de bemisiatabaci sur le manioc : comptages en champ et captures par pieges. Phytovirologie, ORSTOM, BP V 5 1. Pp 59 – 70

[35] Thresh JM, Cooter JJ., 2005. Strategies for controlling cassava mosaic disease in Africa. Plant Pathology. 10:685-701.

[36] Alicai T, Baguma M, Bua A, Colvin J, Hillocks RJ, Kawuki R*.,* 2007. Re-émergence of cassava brown streak disease in Uganda. Plant Disease. 91:1-24.

[37] Njoroge Moffat K, DC Kilalo, DW Miano and DL Mutisya, 2017. Whiteflies species distribution and abundance on cassava crop in different agro ecological zones of Kenya. Journal of Entomology and Zoology Studies 2016; 4(3): 258-262

[38] Maruthi, M. N., Hillocks, R. J., Mtunda, K., Raya, M. D., Muhanna, M., Kiozia, H., Thresh, J. M. (2005). Transmission of Cassava brown streak virus by *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Phytopathology, 153*, 307–312.

[39] Manga G. A., Yemefack M., Sarr P. S., Omoko M., &Shiegeru A., 2013.Sustainable cassava production in forest zone of Cameroon. Progress report (FOSAS 3013) pp117 - 123

[40] Guthrie John, 1996. Contrôler la mosaïque africaine du manioc. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, 23p

[41] Bigirimana S. &Legg J. P., 2007.La menace de la pandémie de la mosaïque du manioc sur la production et ses conséquences au Burundi. Proceedings of the 13th ISTRC Symposium, 2007 pp. 359 – 364

[42] Begoude B.D.A., Sarr P. S., Mpon Y.T.L., Owona D.A., Kapeua N.M.andAraki S. 2016. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (Manihot esculenta Crantz) cultivars as influenced by chemical fertilization and tillage in Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, 98:9270–9283.

[43] Makambila C., 1994. Interaction entre une punaise *Pseudotheraptus devastrans* Dist et un champignon *Colletotrichumgloesporioides*Penz. Sur l'installation de l'anthracnose sur les tiges de manioc. Tropicultura 12 (3) pp104-108

[44] Fabres G., Boher B., Bonato O., Calatayud P., Fargette D., Le Gall P., Le Rü B., Savary S. &Verdier V., 1994. Vers une gestion intégrée de la biocénose parasitaire du manioc en Afrique. C.R. Acad. Agrlc. Fr., 80 (8). pp37-54.

[45] Mwangi M., Bandyopadhyay R., Nolte C., 2004. The status of cassava mosaic disease, bacterial blight and anthracnose as constraints to cassava production in the Pouma region of South Cameroon. 9th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch. 11p

[46] FAO, 2010. Rapport Mondiale de la production vivrière. 60p

[47] Afoakwa E.O., Asiedu C., Budu A. S., Chiwona-Karltun L. and Nyirendah D.B., 2012. Chemical composition and cyanogenic potential of traditional and high yielding CMD resistant cassava (Manihot esculenta Crantz) varieties. *International Food Research Journal* 19(1): 175-181.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 1346-1357
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Meaningful storytelling as a brand engagement approach : A Conceptual Framework

Rania Farouk Abdel Azim Nakhil

Advertising Department, Helwan University, Faculty of Applied Arts, Cairo, Egypt

Copyright © 2019 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: People driven by their expanded interconnectivity. Recent research confirmed the importance of brand engagement to build a positive brand image, to share brand values and to deliver its own messages, that drive loyalty. Brands nowadays know how to build a strong relationship through meaningful stories to be able to attract and engage. Brand engagement affects indirectly profitability, revenues and market share. They need to level up this relationship from just emotional link to involvement. The consumer needs to be a partner, to interact to be seen and heard. Brand storytelling is about sharing qualities and beliefs with the audience to be connected in a mental and emotional level. The objective is to involve him in the brand story rather than highlighting new products or services. Stories should be able to affect and to be memorable enough to stick in people's minds and touch their hearts. The consumer needs to feel how important the brand to him and how he could benefit from his commitment to the brand. The humanitarian aspects are the core power of stories, because of its strong connection to the real life. It also shapes cultures over time and defines history. In business, brands share their own stories to maintain a long-lasting relationship with the consumer, because they need them to deeply understand, believe and engage with their brands. This research aims to highlight the effect of storytelling on consumer's attachment towards the brands and to develop a conceptual framework for meaningful storytelling to enhance brand engagement.

KEYWORDS: Meaningful, Storytelling, Engagement, branding, conceptual framework.

1 INTRODUCTION

In a content overloaded world, people never stopped posting, sharing or texting. According to Meaningful brands report 2017, 500 million tweets, 4.3 billion messages on Facebook and 500 million hours on YouTube a day. The reason why is that people are too much attached is that they are seeking of meaningful connections. Brands should know what people are caring about to be able to create meaningful contents [17]. Weinberger (2014) stated that engagement is considered the most important aspect of brand building. However, the concept of engagement is more indistinct than it appears, giving no certain proof for its outcomes. By inspecting debates about engagement, three characteristics appear to be essential. Initially, attention - grabbing needs to be incorporated with the meaning of engagement. Moreover, the interaction between the consumer and the item needs to occur. Finally, this interface must have a positive result. This gives a working definition: A consumer is locked in when he sees and connects emphatically with a promotion or brand [32]. Robertson (2012) defined the concept of engagement according to sociology, psychology and organizational behavior, he described it as a discipline that is capable of drawing our history, values and broadens our horizons [27]. Hollebeek (2011-a) also described 'customer engagement' concept in agreement with The Marketing Science Institute's as a contribution to provide an understanding of customer experience [12]. Danso (2015) suggests getting into people's lives and activating them emotionally in order to achieve engagement. He added that encouraging people to share their experiences is the core concept of engagement and loyalty [3]. It is the age of interactivity, brands develop their strategies based on partnership. Forbes and National business explore, initiate concurred that Brand engagement implies an enthusiastic responsibility to a brand. It's more than brand awareness or recognition ; it is loyalty, commitment and word-of-mouth.

They also stated that there is a great role of social media because it provides people with the ability to interact and offers the brands a communicative platform [4]. Danso (2015) stated that there is no conceptual framework for customer brand

Corresponding Author: Rania Farouk Abdel Azim Nakhil

engagement (CBE) except Rossella et el who developed a theoretical study to highlight the most important drives of brand engagement and the relationship between them [3].

2 LITERATURE REVIEW

2.1 THE PSYCHOLOGY OF ENGAGEMENT

People's needs and desires are the two main stimulator of all interactions. They are not logical as we think they are, they are likely to interact towards some emotional situations rather than mental or reasonable ones. Interesting, nostalgic and surprising events could inspire or enlighten them. Understanding consumers and what significantly enhance their lives is crucial to provide them with a strong reason to be engaged and attached to the brand. Lux (2018) related between marketing and psychology in shaping brand experience, as Google defined as moments of intent-driven to making decision and shaping consumer preferences, a micro moments collection to refine and evaluate brand [16]. Smith and Hanover (2016) relate brand promises with the marketing campaigns based on the psychologists and behavioral expert notes on the specific way experiences shaped in the human mind. Short-term memory can be generated through experience and the experience transformation process, While long-term memories generated only through the significant ones [29].

In the event that clients are recommending, filling in as references, taking part in item and strategy advisory boards, talking at conferences as a part of the business, and encouraging products on Facebook, they are plainly bound to repurchase and expand the organization offer of wallet, with discounted value affectability (Dasteel, 2014). Although loyalty is an emotional state, engagement is real conduct. It is a more accurate loyalty indicator and customer perception measurement. But consistency is the greatest challenge because surveys can't predict accurately the future of brand loyalty, especially the external factors that could control or affect it. However, based on observable behavior, engagement reflects the level of consumer participation across relevant activities and platforms over time [18]. That's why brands are increasingly seeking engagement, participation and consumer commitment.

2.2 COMPONENTS OF BRAND ENGAGEMENT

Hollebeek (2011-b) technically defined **brand Engagement** through four **Components**, as the process of forming an attachment between brand and consumer in an emotional or rational level. But practicality, this definition wasn't workable enough [18].

Perception: The image of the brand in people's minds affects their trust, commitment and engagement. So, shaping a positive perception is essential if Brand engagement is required. Through a story you can create experience and build a positive consumer perception towards the brand [13].

- **Communication:** The quality of communication plays an important role, that's why social media affect positively Brand engagement, It provides a channel of visual, verbal and audio- video communications.
- **Experience:** UX is the base of the future engagement. So, improving the consumer experience is the new strategy, through personalization and direct communication. The consumer wants to feel precious and appreciated.
- **Promise:** The Brand promise is crucial for achieving trust, credibility and brand engagement. This promise affects directly the way people perceive a brand.
- Aligning consumers' strategies with brand strategies builds brand trust. Dasteel (2014) called it "the Age of Engagement.". Consumers should be considered as the first priority

2.3 THE ROLE OF STORYTELLING IN BRAND ENGAGEMENT

The (CBE) concept 'consumer brand engagement' is recently connected with the interactive brand relationships and consumer "involvement" which synonymous with "engagement" in scholarly.[11] According to the Indian Proverb "Tell me a fact and I'll learn. Tell me the truth and I'll believe. But tell me a story and it will live in my heart forever." Lundqvist et el (2013) argued about the story's power, especially in branding, because of its memorable ability in comparison with facts, besides, stories mesmerize people. However, a limited empirical proof was introduced on consumer behavior, agreed with Hollebeek et al (2014). In general, research confirmed the impact of storytelling on creating positive consumer experiences and brand associations [15]. Escalas (2004) stated that consumer psychology Recently focused on the role of storytelling in the

information process, mentioning how people organize their experiences, explain events and build their own perspective and evaluations through creating stories [7].

Hollebeek et al (2014) explained the importance of stories in people's lives, as a communication tool through sharing ideas, beliefs and their point of views. They aim is to find the common things, whether in romance, friendship or even in business. Developing prosperous brand depends on quality connection with the consumer as building blocks for business now and in the future. She added that love the brand is the key reason for this connection, love what you offer them, the values you stand for and the stories you share. Agreed with science that confirmed the important role of stories in our lives. For better comprehension and building trust. In addition to children's education through fairy tales, historical and religious stories, to be able to understand, connect and engage [23]. Olbertova (2018) stated that " *the narrative of consumption" is the term that connecting* storytelling with anthropology, Behavioral marketing and semiotics for brand communication coding/decoding process. Stories for that according to Olbertova the most powerful tool for branding since the very beginning and for the future through creating meaningful narratives using messages and imagery in almost all cultures [22].

2.4 THE CONCEPT OF BRAND STORYTELLING

According to Dowson (2013) Marketing Week survey confirmed the importance of brand engagement as ROI metric (Return on Investment, according to more than 78% of participants. While almost 1/3 think that brand managers should take engagement more seriously. Dowson explained this because of the fuzziness in defining and measuring brand engagement in general. The constant brand value is connected directly to the consumer's shared experiences and the familiarity of the brand story. Accordingly, brand story which people notice, interact and listen is replacing brand marketing nowadays [6]. Lacy (2016) stated the importance of story as a valuable marketing asset because it could be a road map and a guide of the brand [14]. Robertson (2012) agreed also that brands should introduce their products and services through stories, not just for consumer acceptance, but to encourage him to share his story too, he considered Storytelling as an integrated process. Through attraction and involvement not through direct messages, he added that social media platforms and their rapid growth makes us all storytellers, which facilitate Storytelling and support brand engagement [27]. Weiss (2018) related the attachment to the stories to how interesting they are to the audiences and not because of the brand. She considered getting consumers' attention as the biggest challenge brands are facing today [33].

2.5 THE IMPACT OF STORYTELLING

Andrew Stanton is an American film director and screenwriter considers storytelling is what makes brand significant. Because it identifies the brand and inspires audiences. He added that stories allow people to experience the similarities and give meaning to people's lives [10]. Escalas (2004) also agreed that stories combine ideas toward a conclusion through mental structure. The process of forming meaning allows brands to be valuable from the consumer's perspective and more important than others [7]. It is what brings the brand to life, build an emotional connection and increase consumer retention through a progressive branding strategy. The purchase behavior can be determined according to brand perception and how people feel towards a brand [13]. Olbertova (2018) stated that people are machines " *meaning-making".* He added that stories boost cognition and behavior and help to interpret the facts. The narrative is very crucial, that's why marketers should understand the consumption process and how stories can shape our culture [22]. In their article White and Perry (2018) described how stories work; Stories differ from the data in the way they engage and affect the human brain. Stories drive biological and emotional responses building an immediate engagement, because stories embedded in a various sensory areas which enables the recalling of information.

According to Digital marketing institute; Memories last according to the strength of feelings and emotions. Brains too are seeking for reasons and relationships. On a subconscious level, we make our decisions where there is a lack of statistical reasoning. However, our subconscious system has an enormous effect on changing behavior, that's why our brains crave for stories. Accordingly, we should present information in a narrative way, to be able to relate experiences and easily understood. This will make it more powerful and effective in changing behavior and beliefs [34]. Dowson (2013) also agreed that the power of storytelling is concentrated on the ability to link story with audience experience and previous knowledge using metaphors and analogies. He also confirmed the memorability of stories and related it to the intense emotions because they are easily stored in the audience's brain [6]. According to One spot 92% of consumers prefer the storytelling ads [5]. The concept of storytelling recently became a marketing strategy for the superior brands, although it is not a new communication form. Storytelling has been used from the early beginning as a blending between verbal and visual narrative to document the human history [10]. The digital revolution accelerated the shift towards storytelling. It reveals the role of stories in engaging consumers' emotions and how it affects his imagination, enlighten the marketers to realize how the brains function and how people love stories [6]. All social media platforms help a person to attract attention, interest and encourage people to connect,

but this needs a good quality of communication [8]. A Study was done (2017) to quantify the effect of storytelling on some brands' value. "Significant objects" is an anthropological experiment which originated by Rob Walker and Joshua Glenn to objectively measure the impact of narrative on certain objects via eBay. short stories were written by contributing creative writers, the result was selling nearly $8,000.00 in total [30]. Richard Branson summarized it by saying that storytelling can differentiate a brand and create new ideas. A successful entrepreneur should be also a good storyteller [5].

2.6 BRAND COMMUNICATION

Heyn (2018) defined storytelling as a natural communication method aims to present ideas and provide information about the brand on an emotional level [10]. Shane (2017) considers storytelling as a basic educative, entertaining and communicative system because it's a comprehensive way to share ideas [28]. White and Perry (2018) also agreed that storytelling is a powerful auditory, visual and kinesthetic tool which deeply communicate with the audience, easily deliver information, exchange experiences, evoke emotional and mental responses and offer inspiration. That's what makes storytelling a strategic tool in brand building. In advertising storytelling used to invite audiences to participate and encourage problem solving manner by composing stories that can grab attention, connect emotionally and stimulate empathy [34]. This clarifies why you feel anxious during watching a horror movie or joyful with happy endings [8].

3 THEORETICAL FRAMEWORK AND HYPOTHESES

3.1 MEASURING BRAND ENGAGEMENT

We usually depend on self-report; we inquire the consumer's recollection of the ad and/or if his feeling was positively involved with it. In the case of favoring behavioral actions, time spent on an ad, click-throughs are taken in consideration. However, the instant problem realized is that those actions are not commonly connected to each other. Weinberger (2014) asked if engagement really matters after assuming that the actions are taken overlay while evaluating an engagement aspect. Sellers benefit from the quick emotional interpretation compared to the mental one and use this to evaluate emotional responses, as it comes first in any experience, then the mental response. Putting this into consideration, the scholar can show the essential feature of the brand (e.g., a logo) so quickly for the mind to interpret but slow enough for emotional interpretation. Good and bad emotional responses to the item or brand are profited. This offers both unconscious engagement activities (interaction, attention, emotions) and regular conscious actions. An enhanced analytical power, alongside a wider picture of an individual's engagement with an ad are provided when merging the outcomes of both conscious and unconscious engagement [32].

Dasteel (2014) states that advocacy and involvement are the two crucial parts of consumer engagement. It is considered by the total activities that connect a brand and its consumers, that then yields in a bigger contribution that has a positive influence on the income. Cognitive processing, affection and activation were the three CBE dimensions, Hollebeek et al, (2014) acquired. Vivek et al (2014) hypothesizes a three-dimensional vision of CE, which involves conscious attention, social connection and enthused participation. Hollebeek (2011) added that the three crucial CBE topics were identified, involving 'activation', 'immersion' and 'passion'. A broader and more in depth understanding of the nature of consumer-brand associations, and the methods that make engagement more advanced and nurtured amongst divergent consumer sections were given by Bowden (2009).

Guy Nirpaz developed a few metrics for online apps to measure brand engagement:

- **Activity Time:** It is the average time a person spends connected to anything related to the brand measured by: year, month, week or day.
- **Visit Frequency:** This measure the frequency and the number of user's visits to the service of the brand. It is about the visits pattern as an analytical tool for web sites.
- **Core User Actions: It is about getting to the** experience. This could be measured through (for example) tracking the user's setting or adjustments [21].

Shane (2017) suggested some essential aspects in forming Brand Storytelling. The story should reflect brand personality and identity. It also should give a piece of specific information about what the brand does and how it adds values, solve problems, contribute and engage [28].

3.2 NIKE STORYTELLING



Fig. 1. Equality campaign- Nike

Nike created one of the best storytelling campaigns as it always excelled by putting a strong statement introducing the brand as a force for changing society positively. A successful example of engaging audience through a relevant story. It encouraged consumer just through wearing Nike products or engaging in social media to be a part of its movement [2]. In 1999, Nike released a TV commercial to celebrate Michael Jordan Career Fig. 2 giving a model to follow in leveraging meaningful storytelling in building the brand, although the brand name didn't mentioned until the last second. In the time when everyone was focusing just on selling and there wasn't any online commercials.

Nike knew how to make a lasting impression, with its slogan "Just do it" and an authentic story to sell more products in the long term. Storytelling connects, resonates and sells.



Fig. 2. A YouTube screenshot for Air Michael Jordan- Nike Commercial

In 2006, Nike and Google set up During the World Cup a social networking site, It aims to invite everyone to film his own soccer skills and upload his video on Joga.com to show his talent. With the opportunity of rating, sharing and commenting on the participants' contents to choose a winner every month. Creating profiles to share personal and soccer experiences were the innovative way that used storytelling as a strategic tool to build brand engagement. More than one million participants that enable Nike to deeply understand consumers' experiences around the globe through Internet engagement platforms [26]. Patel (2017) tried to figure out the reason behind Nike success, he confirmed that It is one of the best brand storytellers [23]. According to Times magazine "FLYEASE" Fig. 3 as a footwear system considered in 2015 (The Innovation of the year), Fig. 3 (The Innovation that changed the world) according to Mashable.com [19].



Fig. 3. FlyEase - Nike

In the same year 2015, **The Year in Nike Films** a project that Undoubtedly rated Nike as one of the greatest brand storytellers of all time. The project aims to support the idea of the power of sports and how they could change people's lives. Through a series of movies about victories from different countries all over the world; the U.S. Women's National team, teens in South Korea and runners in Brasil. Nike's films proved the power of storytelling not only in enhancing brand engagement but also how these stories can change lives [20].

One of the most significant things in this project is that Nike gave people the voice to tell their own stories rather than telling the brand stories [23]. In 2017 Business Insider published that Colin kaepernick isn't the first ad for Nike to make a social statement [31].



Fig. 4. Colin Kaepernick ad - Nike

During celebrating the 30th anniversary, Nike released a new campaign of "Just Do It,", with an image of Colin Kaepernick face and the words "Believe in something, Even if it means sacrificing everything" Fig. 5 When he was at the center of that week's argument. The commercial was narrated by Kaepernick himself and comprise a range of inspirational athletes such as LeBron James and Serena Williams [31]. The story of Kaepernick affected Nike brand name and sales in both positive and negative ways. The guardian published that Kaepernick ad. raised Nike sales 31% [24]. while some people were against him and burned their Nike shoes as a kind of objection [31]. Nike presented a lot of campaigns depend on sharing stories, and succeeded in making a meaningful combination between sports, culture and real experiences. That's why Patel (2017) defined it as a pioneer in brand-driven storytelling, and considered it the greatest storyteller by far [23].

The eyewear brand (Warby Parker) adopted a different technique of storytelling, They shared a simple video to tell their history and the story of the man behind the brand. The video highlighted people and events to convey the uniqueness of their products. Focusing on the materials used to produce their frames in an Italian factory. The story was more than an introduction to a product, it brought the brand to life through telling its story [8]. Lacy (2017) stated that Warby Parker focused on the origin of the brand when one of the founders lost his glasses and couldn't afford buying a new one because they were too expensive and he was just a grad student [14]. This kind of narrating evokes sympathy and engage the audience on an emotional level and build a sensual relationship between consumer and the brand.

Burt Shavitz has been a role model to Burt's Bees Fig. 5. (personal care products), and encouraged them to live a simple, natural, responsible life. As a result of that a giant part of their brand storytelling emphasizes that they take Burt's lifestyle and ideology is an inspiration for the products they make. We are introduced to the guy responsible for the brand, throughout a bunch of sequential amusing videos. For instance, we get to know more about Burt from that mini-documentary. Burt's Bees try to form an honest relationship with their consumers, as clearness means everything at that time [8].

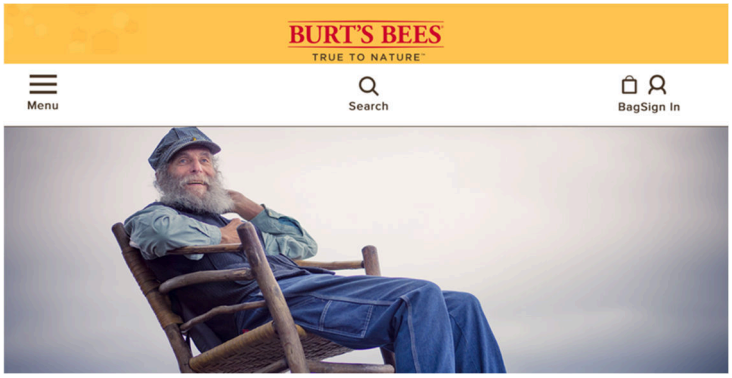


Fig. 5. The official website: the image reflects the storytelling of Burt Shavitz x - Burt's Bees

Uber claims that developing the way the world moves. Additionally, saying that they make cities more reachable, while giving lots of opportunities for passengers and lots of business for drivers, and they can do all of this by simply linking drivers and passengers through their apps. They lately celebrated their billionth trip, also in the words of Business Insider, Uber is valued at over $62.5 billion and its funding has reached $2 billion [14].

3.3 FUNDAMENTALS OF STORYTELLING

Relevance, meaning, and truth is the three vital components a good brand story must include. It should also focus on the people not the product. It should also be Consumer centered. Weiss (2018) stated that relevance is rarely used in branding, communication reality, although it seems so clear. Messages that are frequently irrelevant and excessively centered around what brands need to state about themselves and not about what's intriguing and concerns consumers [33].

Meaningful brand story is about crafting a strong narrative that enables people to relate to the story in a specific way. Some approaches could help in creating a strong positive connection:

- The hero should be your brand, Give the brand the protection, containment and rescue role.
- Make the brand a partner or a reason for a person's success, Sharing the moments of achievement.
- Put people and shared values in the center of the storytelling process.
- Create a strong content, Big ideas are the most effective motives [8].
- Use Visuals, motion and music, involve all consumers' senses through inspiring videos [2].



Fig. 6. Instagram posts showing how photography can be used in narrative – Charity water

- Define An Experience in a different way, brand should have something new and interesting to say [14].
- Meaningful Brands 2017 discovered that the most expected contents was those that entertain, engage and motivate [17].
- Serve a purpose that focus on what people want, stories should be interesting and relevant to the target audience [8].
- Make it simple, comprehensive and emotional.

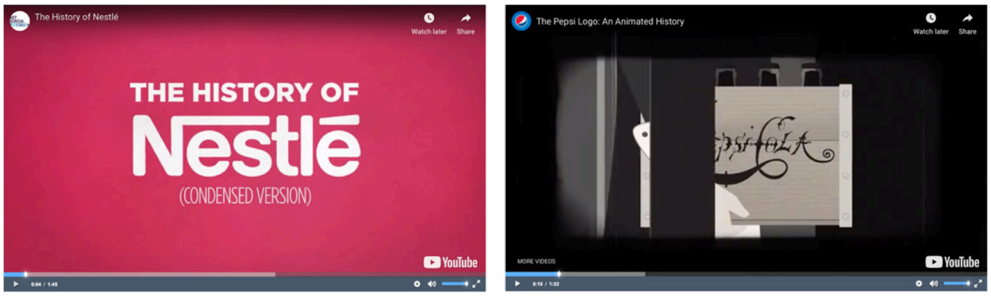


Fig. 7. Videos used for brand storytelling – Nestle and Pepsi cola

4 MEANINGFUL STORYTELLING FRAMEWORK

The concept of meaningful storytelling is to create stories that able to make people feel better about themselves rather than focusing on the products and services the brand offers. Strong brands concern about identifying themselves in a meaningful context. People must be at the center of the process, through true human stories because they are the core of our history and our culture.

The Stories are the way to bring brands to life, for this reason it considered the main component of marketing strategy nowadays, because of the social media networking that develop and maintain our narrative consumption. This research suggests a conceptual framework based on the previous literature, observations and analysis for a meaningful storytelling to build brand engagement. This conceptual framework stipulates four components to form meaningful storytelling:

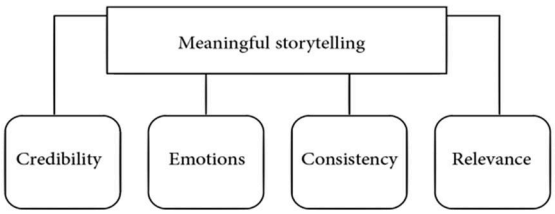


Fig. 8. Conceptual framework, Meaningful storytelling - author

4.1 CREDIBILITY

Consumers are very smart, making up or falsifying stories about the brand is definitely a huge mistake because they eventually will find out, Which could threaten the brand to lose its reputation, image and trust. Telling the truth is the cornerstone to build a long term relationship [2], [28]. Transparency and honesty are very important aspect in forming a meaningful story. The hyper-connected society allows the truth to rise to the surface, it's increasingly transparent, Weiss (2018) called it "Era of the Truth", where nothing could be hidden [8], [33]. In this open world, information is available, people could differentiate between false and arrogant. Touching and affecting people are much easier nowadays. They can identify what is genuine and what is not. So, it's extremely important to be authentic when it comes to sharing a brand story. People are not stupid, they will find out false or fabricated stories, this may cause the loss of everything, because consumer perception and brand loyalty are strongly connected to brand trust [23]. Share successes and failures give credibility to the brand. It makes a real brand and maintain the emotional and personal engagement [2].

4.2 EMOTIONS

Shane (2017) focused on the emotional direction in forming brand stories [28]. Emotions and empathy are the key components of strong brand story. Communicating on an emotional and sensual level help to engage consumers and encourage him to interact. Recently, research focused on the role of emotional communications as a powerful tool for consumer attachment and commitment to the brand. building strong connections through sharing values considered a strategic emotion based branding. Triggering emotions through videos, photography or a written story is the smart way to engage brand consumers[8]. Emotional branding is defined as the engagement of consumers in a deep, long-term, intimate emotional connection with the brand, which is beyond the benefit based satisfaction, and which creates a special trust based relationship for the development of a holistic emotional experience [1]. People naturally are not rational beings. Their choices and decisions based mainly on their emotions and feelings, even if they put in a rational reasoning construction. The emotional brand storytelling is a psychological scope that provides a strong connection with audiences. Emotions create real connections that based on passion, caring and commitment. Brand engagement depends on emotional brains, which are extremely perceptive.

4.3 CONSISTENCY

Social media allows a 24/7 connection between brand and consumer, this needs to be updated and continuously available. Posting or sharing contents should be according to a consistent strategy. Creating contents daily and communicate with people needs a stable storyline which should follow brand vision and mission. Brand consistency takes you to the next level in marketing. Without consistency, people will get confused, they will keep questioning the brand entity, values and promises. Consistency reflects brand confidence, proving that it knows what it really do and have a specific plan, this in turn makes consumers feel comfortable.

A Consistent brand storytelling will allow people to get engaged. A meaningful story could be created through visual components, music, a consistent storyline and concept. that allows the brand to be recognized and trusted. Engaging and building a strong relationship with consumers won't be established if they don't feel like they know the brand and that it can be trusted.

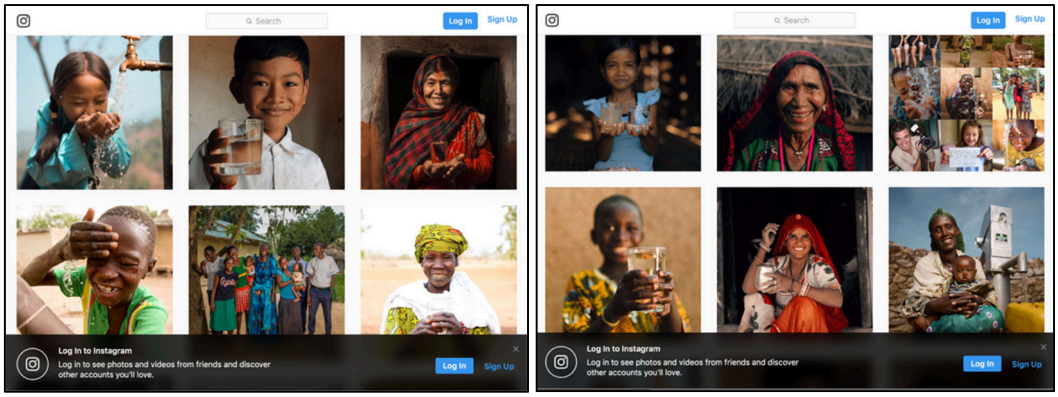


Fig. 9. Instagram posts showing the consistency of storytelling – Charity water

4.4 RELEVANCE

Interest and curiosity are what facilitates and accelerates the engagement process. Stories should be related to people's real life, concerns and challenges. Giving the audience the important role in the brand story and making them feel as a part of it, will build a long term relationship. People intentionally neglect thing and stories which they don't feel like belonging to. A meaningful story should be focused on people, putting them in the center of the whole process to make them feel how important they are, the most important aspect is the customer experience.

Ikea is a good example of a brand that understand what people want. According to Forbes the story of Ikea as a Sweden global furniture company based on designing a functional furniture with reasonable prices. In its vision 76 years ago was creating a better and meaningful life for all people in the globe, despite their differences, tastes, aspirations and needs. Based on the partnership with the consumers, the business idea was created [9].

5 DISCUSSION

Recent literature confirmed that storytelling is one of the most powerful tools in marketing strategies. It is about building a long term relationship between brand and consumers, according to what people need in their real lives. Framing brand uniqueness, values and promises through a consumer based strategy, think beyond the function and usability of the product or service for bringing the brand to life. Creating a meaningful connection and maintain brand loyalty depending on the way a brand present its qualities and identity and how it relate its values with cultural and technological aspects, considering the psychological drives for human behavior. Building a brand future rely on the story tell about the brand now and how it able to convey its own ideas and affect audiences on a mental and emotional level.

The Idea of Brand storytelling is very old. But the rapid evolution of social networking accelerates and allowed the prospect of wider communication and deeper connections. Storytelling benefit of the growth of the number and quality of social media, because they offer an instant and integrated channels. Communicating through images, videos and music with the ability of receiving immediate feedbacks and interactivity like nothing before.

Technology has allowed brands to understand consumers and to build a strong connection with them, but also makes the competition more aggressive, expanded people, perceptions because of the availability of knowledge and information. That's why **credibility** became very crucial nowadays. Brand stories must be **Authentic** and **genuine**. True stories about success and failures build respect and trust which are the basics of a long term and strong brand engagement. The Narrative is not just telling a story. It's how to inspire, motivate and affect the minds and hearts of the audience. A meaningful storytelling should touch people's senses and communicate on all the levels possible. Visuals, colors, words and music are the effective tools that shape consumers' perception and support brand image and identity. Through Photography and videos brand can tell a meaningful story in the most effective way; grab attention, touch feelings and recall memories, make a positive impact on people's **emotions** to guarantee a strong brand engagement. **Consistency** is the cornerstone of identity building and recognition. It is what makes a familiar brand and build engagement. **Relevance** is about relating the purpose to what people really care about, creating meaning that reshape experiences. Sharing differences and similarities, listen to what people say, and make more relevant promises.

Credibility, Consistency, emotions, and Relevance are the four main components that enable a brand to build a long term relationship with the consumer through meaningful storytelling, connecting through all the possible channels and targeting a deep emotional and mental effect to achieve interaction, involvement and engagement. Stories should articulate the brand purpose to get people more tuning into the brand. Apple, Google and Intel with their meaningful slogans; Think Different, Don't Be Evil and Sponsors of Tomorrow, respective, revealed their brand values and promises through the involvement of consumer which made them great brands. Nescafe also used the passion of music to create meaningful storytelling in the "Red Mug Sessions," campaign, through warm, emotional stories [25].

6 CONCLUSION

Brands use storytelling as a narrative approach to build a relationship with its consumers on both mental and emotional levels. This approach helps in conveying information and evoke feelings in a way that reshape a positive consumer's experience which enhance brand engagement. Create meaningful storytelling is about the quality of content, which in turn should be based on a deep understanding of consumer psychology and cultural aspects. People crave for stories, but the kind of stories that he could be a part of it. Brands Should identify and realized what people like and what they care about to encourage them to interact, involve and engage.

Narrating is more effective when it attract all human senses and emotions, that's why using photography and videos achieve a higher level of communication and engagement.

Brands should present stories based on their core values, and focus on the common concerns and interests with the audience to motivate the audience to get into the experience. Through a content that makes the audience feels like being a part of the story. The content that could give him a chance to participate and express himself.

Credibility and transparency are very crucial because building brands in general and building engagement and commitments depends mainly on brand trust.

Meaningful Stories should be relevant and consistent, they must be created according to the brand mission, vision and personality. Consistency helps consumers to build a positive experience towards the brand and allows him to get attached and engaged.

Our lifestyle nowadays and the communication and technological facilities reshaped our perceptions and culture in a democratic way. Everyone needs to be a part of a meaningful story, everyone wants to participate and everyone wants to be the hero. Only successful brands who are able to make everyone feels that he is important and his existence counts, through design his own role, invite him to share and offer him a voice. So, he will be engaged.

REFERENCES

[1] Akgun, Ali Ekber, Kocoglu, Lpek and Lmamoglu, Salih Zeki, *An Emerging Consumer Experience: Emotional Branding,* 2013 [online] Available: https://www.researchgate.net/publication/275542788_An_Emerging_Consumer_Experience_Emotional_Branding [accessed Jan 12 2019].

[2] Brenner Michael, *6 Examples of Genius Brand Storytelling You Have to See, Content Marketing*, Marketing insider group, May 15, 2017 [online] Available: https://marketinginsidergroup.com/content-marketing/6-examples-genius-brand-storytelling-see/ accessed on January 7, 2019)

[3] Danso, Brigitta- Lizel, *The Concept of Consumer Brand Engagement,* Edublogs, April 4, 2015 [online] Available: http://blogs.brighton.ac.uk/blld10/2015/04/04/the-concept-of-customer-brand-engagement/

[4] Dasteel, Jeb, *Customer Loyalty Is Dead. Long Live Engagement!.* Forbes, 28 March, 2014, [online] Available: https://www.forbes.com/sites/oracle/2014/03/28/customer-loyalty-is-dead-long-live-engagement/#4d10612f5fef>

[5] Digital marketing institute , *6 Storytelling trends marketing leaders should know about,* [online] Available: https://digitalmarketinginstitute.com/blog/20-09-17-6-ways-brands-can-boost-their-storytelling

[6] Dowson, Thomas, *Shared values in Brand storytelling*, Branding Strategy Insider, April 03, 2013 [online] Available: https://www.brandingstrategyinsider.com/2013/04/shared-values-in-brand-storytelling.html#.W92o3aeB2DV

[7] Escalas, Jennifer Edson, "Narrative Processing: Building consumer connection to brands", *Journal of consumer psychology*, Vol. 14, no. 1&2, pp: 168:180, 2004.

[8] French, Katy, *7 Examples of super creative brand storytelling for very boring products*, Column Five media,2018, [online] Available: https://www.columnfivemedia.com/7-examples-of-super-creative-brand-storytelling-for-very-boring-products

[9] Hall, Alan, *Campanies with the best stories win: 10 key points for telling your story,* Forbes, September 2, 2012, [online] Available: https://www.forbes.com/sites/alanhall/2012/09/02/companies-with-the-best-stories-win-10-key-points-for-telling-your-story/#14d5f815fc36

[10] Heyn, Charlotte, *Storytelling: A method of brand communication,* Linkedin, May 20, 2018 [online] Available: https://www.linkedin.com/pulse/storytelling-method-brand-communication-charlotte-heyn/

[11] Hollebeek, Linda, "Exploring customer brand engagement: definition and themes", *Journal of Strategic Marketing*, 19:7, 555-573,2011. DOI: 10.1080/0965254X.2011.599493

[12] Hollebeek, Linda D., "Exploring customer brand engagement: definition and themes", *Journal of Strategic Marketing,* Vol 17, issue 7, pp: 555-573. 2011

[13] Iscoop , *Using storytelling to strengthen your brand,* 2019 [online] Available: https://www.i-scoop.eu/using-storytelling-strengthen-brand/

[14] Lacy, Lisa, *10 Amazing Brand story examples,* Linkdex, February 3, 2016 [online] Available: https://www.linkdex.com/en-gb/inked/brand-story-examples/

[15] Lundqvist, Anna , Liljander, Veronica , Gummerus, Johanna and Riel, Allard van, "The impact of storytelling on the consumer brand experience: The case of a firm-originated story, *Journal of Brand management*, First Online: 02 March 2012, Vol 20, no. 4, pp: 283-297, 2013.

[16] Lux, Jennifer, *Creating memorable experiences: the psychology of brand engagement*, Smart Bug, February 8, 2018 [online] Available: https://www.smartbugmedia.com/blog/creating-memorable-experiences-the-psychology-of-brand-engagement

[17] Meaningful brands, *Welcome to Meaningful brands report 2017*, Havas Group [online] Available: http://dk.havas.com/wp-content/uploads/sites/37/2017/02/mb17_brochure_final_web.pdf

[18] Nakhil, Rania, "Understanding Brand loyalty from the Consumer perspective: An exploratory study targeting Social networking services in Egypt", *Journal of architecture and art,* , Vol 14. April, 2019.

[19] Nike News, *Nike Unwraps FlyEase For Kids,* December 30, 2015 [online] Available: https://news.nike.com/news/nike-unwraps-flyease-for-young-athletes

[20] Nike News, *The year in Nike films*, December 31, 2015 [online] Available: https://news.nike.com/news/the-year-in-nike-films-2015

[21] Opzeeland, Pascal Van, *6 Effective Methods for Measuring Customer Loyalty, User Like, Customer Communication, 14* June,2016, [online] Available: https://www.userlike.com/en/blog/measure-customer-loyalty

[22] Olbertova, Martina, *3 Ways to enshure your storytelling is meaningful, Brand* Strategy Insider, October 2, 2018 [online] Available: https://www.brandingstrategyinsider.com/2018/10/3-ways-to-ensure-your-storytelling-is-meaningful.html#.XDReRS2B2DV

[23] Patel, Sujan, *7 Companies that are killing it with brand driven storytelling*, Sujan Patel, October 2, 2017 [online] Available: https://sujanpatel.com/marketing/7-companies-killing-brand-driven-storytelling/accessed on January 7, 2019)

[24] Pengelly, Martin, *Nike sales surge 31% in days after Colin Kaepernick ad unveiled, analyst says,* The Guargian, September 8, 2018, [online] Available: https://www.theguardian.com/sport/2018/sep/08/colin-kaepernick-nike-ad-sales-up.

[25] Quek, Christel, *Make your brand story meaningful,* Harvard Business Review, June 14, 2013 [online] Available: https://hbr.org/2013/06/make-your-brand-story-meaningf

[26] Ramaswamy, Venkat, "Co-creating value through customers' experiences: the Nike case", *Strategy & Leadership* Vol. 36 no. 5 pp.9 – 14, 2014, [online] Available: http://dx.doi.org/10.1108/10878570810902068

[27] Robertson, Dom, *The Power of storytelling, the key to consumer engagement*, Media Network blog, the Guardian, May 23, 2012 [online] Available: https://www.theguardian.com/media-network/media-network-blog/2012/may/23/storytelling-key-audience-consumer-engagement

[28] Shane, Deborah, *What is Brand Storytelling? Small business trends,* May 28, 2018 [online] Available: http://smallbiztrends.com

[29] Smith, Kerry and Hanover, *Dan, The psychology of Engagement,* Wiley Online Library, April 19, 2016 [online] Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119176688.ch2

[30] Tsang, Melissa (2017) Tell me something that matter, Referral Candy Blog, October 21, 2017 [online] Available: https://www.referralcandy.com/blog/brand-story-examples/

[31] Tyler, Jessica, *Nike's Colin kaepernick ad isn't the first time the brand's commercials have made a social statement,* Business Insider, September 7, 2018, [online] Available: https://www.businessinsider.com/nike-ads-make-social-statements-2018-9

[32] Weinberger, Joel, *The Psychology of Engagement,* destination CRM, March 7, 2014 [online] Available: https://www.destinationcrm.com/Articles/ReadArticle.aspx?ArticleID=95186

[33] Weiss, Patrcia, *Branding Storytelling: Focus on people not products,* Brand Strategy Insider, December 11, 2018 [online] Available: https://www.brandingstrategyinsider.com/brand-storytelling

[34] White, Rocket and Perry, Caprice, *How stories work: The brain and corporate storytelling*, Baker, 2019 [online] Available: https://www.bakerbrand.com/stories-brain-corporate-storytelling/