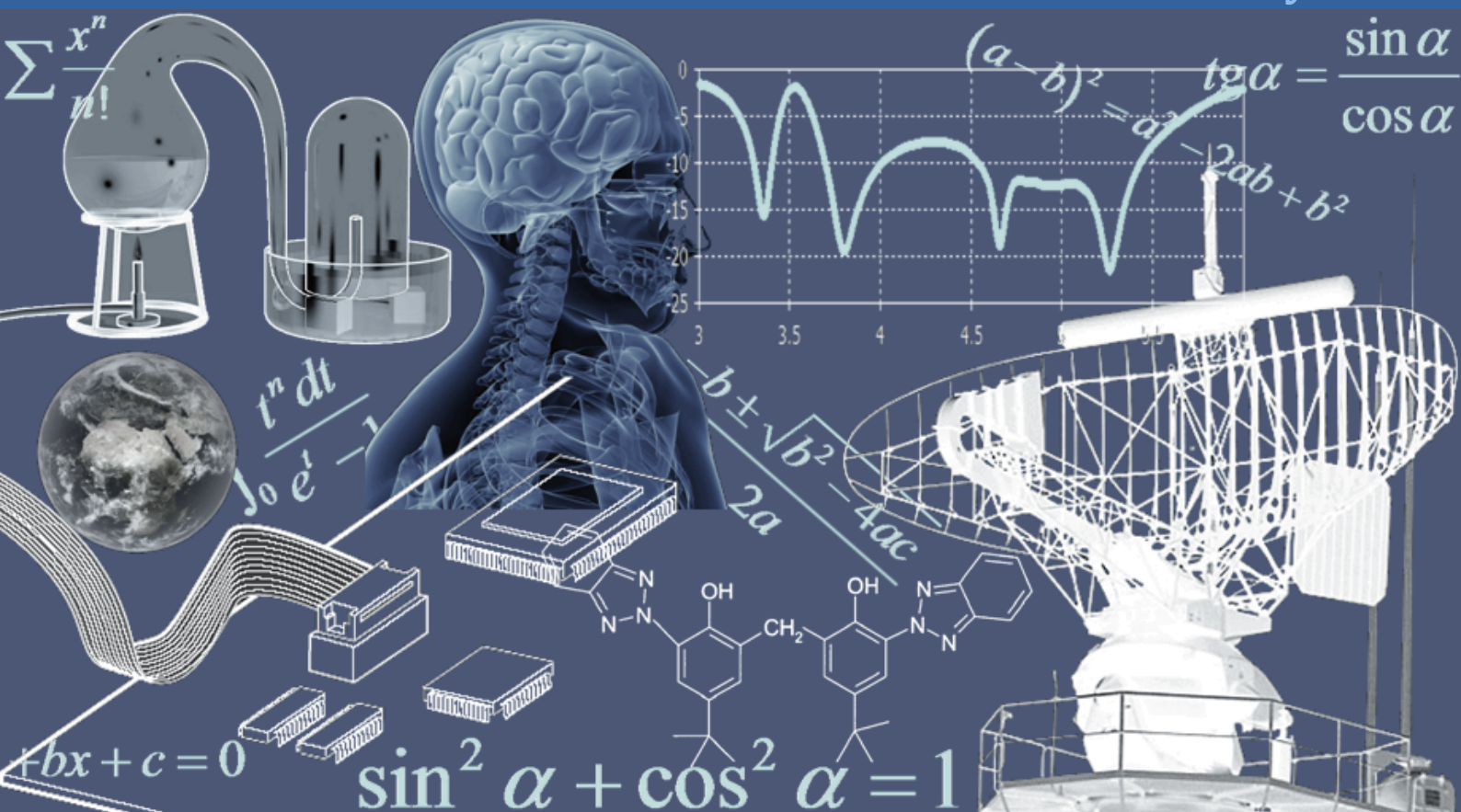


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 20 N. 2 May 2017



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Table of Contents

Necesidad de una concepción teórica-metodológica para la enseñanza de la investigación sanitaria en la educación universitaria postgraduada	411-416
<i>David Joa-Espinal</i>	
Le préambule de la mise en place d'une démarche marketing territorial: Proposition d'un modèle conceptuel	417-430
<i>AZIZ EL KHAZZAR and HICHAM ECHATTABI</i>	
Evaluation de l'activité antibactérienne des feuilles de Spondias mombin L. (Anacardiaceae) sur la croissance in-vitro de souches d'entérobactéries productrices de beta-lactamases à spectre élargi (EBLSE) et tri phytochimique	431-440
<i>N'guessan Jules Kouadio, Mamidou Witabouna KONE, Nathalie Kouadio Guessennnd, KONAN K. Fernique, MOUSSA Bamba, YAO KONAN, Marie Rosine Atsain Allangba, TRA-BI Fezan Honora, BAKAYOKO Adama, and Mireille Dosso</i>	
CAPITAL HUMAIN, INEGALITES ET CROISSANCE ECONOMIQUE DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT: UNE ANALYSE EN DONNEES DE PANEL	441-460
<i>HICHAM GOURRHAR</i>	
Le choix des paquets technologiques des fertilisants organiques et minéraux pour rentabiliser la culture du maïs au Sud-Kivu: Un état de lieu de la recherche dans les territoires de Kalehe et plaine de la Ruzizi en RDC	461-478
<i>Rodrique BAHATI, WALANGULULU Masamba, and Grant BULANGASHANE</i>	
PALEOENVIRONMENTAL OF THE SENONIAN OF WANINA BASIN: AREA OF AÏT OURIR BASINS, MOROCCO	479-487
<i>Fatiha HADACH, Ahmed Algouti, Abdellah Algouti, and Zahra MOURABIT</i>	
Etude édaphique des groupements à Chamaerops humilis dans les monts de Traras (Algérie occidentale)	488-492
<i>Ali Taïbi, Okkacha Hasnaoui, and Ismahene Cherif</i>	
COMPARAISON DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE LA SOUCHE « BOUAKE » DE Oreochromis niloticus TRAITES AU 17- α -METHYLTESTOSTERONE ET LEURS RENTABILITES, DANS TROIS STRUCTURES D'ELEVAGE	493-499
<i>Kophy TIGOLI, Moussa CISSE, Mamadou KONE, Mamadou OUATTARA, Allassane OUATTARA, and Germain GOURENE</i>	
PREVENTION CONTRE LES FEUX DE VEGETATION EN AFRIQUE DE L'OUEST, CAS DU DISTRICT DU ZANZAN, NORD-EST DE LA COTE D'IVOIRE: ANALYSE DU PHENOMENE ET DES SEUILS CLIMATIQUES FAVORABLES	500-516
<i>Djé Kouakou Bernard, Ahou Noellie YAO, N'guessan Bi Vami Hermann, Boyossoro Hélène KOUADIO, Augustin Kouakou NZUE, Valère DJAGOUA, and Kouadio Affian</i>	
Parasitologie des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès (Maroc)	517-525
<i>Jawad BOUZID, Abdelkader CHAHLAOUL, Khadija OUARRAK, Samira JAOUHAR, and Abdelaziz BOUHLAL</i>	
Effect of Board Composition and Structure on performance of Kenya Football Premium League	526-538
<i>Paul Tuitoek, Simon Kipchumba, Joel Koima, and Benard Odero Asienyo</i>	
Effect of Corporate Reporting and Leadership on performance of Kenya Football Premium League	539-550
<i>Paul Tuitoek, Simon Kipchumba, Joel Koima, and Benard Odero Asienyo</i>	
Computación afectiva y análisis del comportamiento del consumidor	551-559
<i>Gary Reyes Zambrano and Joffre Mateo Banchón</i>	
PARAMETRES BIOCHIMIQUES SANGUINS ET BIOMETRIE DES ORGANES DES RATS SOUMIS AUX PAINS FORTIFIES AVEC LA FARINE DE GRAINES NON DELIPIDEES DE Citrullus lanatus (Cucurbitacées)	560-567
<i>Méité Alassane, Théodor DALLY, Ouattara Howélé, Kouamé Guy Marcel BOUAFU, Koffi Gabouët KOUAME, and Kati-Coulibaly Séraphin</i>	
Degré d'activation, surface spécifique et fonctions de surfaces de charbons actifs d'Acacia auriculaeformis et d'Acacia mangium	568-574
<i>N'Da Arsène KOUADIO, KRA Drissa Ouattara, ATHEBA Grah Patrick, Patrick DROGUIL, and TROKOUREY Albert</i>	
Etude de la lixiviation en tas du minerai cupro-cobaltifère dans les mines de la Province du Katanga en République Démocratique du Congo	575-588
<i>Patrick MBWEB KATSHIL</i>	
Angiosarcome mammaire: A propos d'un cas	589-593
<i>I. Rachidi, A. Abida, M.A. Benyahya, M. El Yousefi, and S. Bargach</i>	

Tuberculose mammaire: à propos de 3 cas	594-600
<i><u>I. Rachidi, A. Mohattane, N. Abounouh, A. Ansari, S. Amrani, and S. Bargach</u></i>	
OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SURFACE WATER, SEDIMENT AND SOME AQUATIC ORGANISMS SAMPLED FROM OLOGE LAGOON, AGBARA, LAGOS, NIGERIA	601-608
<i><u>Joseph Aderinola Oluwatoyin, Victor Kusemiju, A.A. Adu, and O.O. Babalola</u></i>	
Evaluation de l'Inertie Thermique à partir de l'Etude de la Capacité Equivalente de la Dalle en Béton Accolé à du Filasse-Plâtre en Régime Dynamique Fréquentiel	609-615
<i><u>Youssef TRAORE, Alassane DIENE, Séni TAMBA, Khatry OULD CHEIKH, Moussa DIENG, El Hadji Bala Moussa Nyakhaté, Issa DIAGNE, and Grégoire SISSOKO</u></i>	
Etude du transfert de chaleur à travers une chaussée en régime dynamique fréquentiel: l'influence des paramètres extrinsèques	616-623
<i><u>Youssef TRAORE, Séni TAMBA, Alassane DIENE, Khatry OULD CHEIKH, Moussa DIENG, El Hadji Bala Moussa Nyakhaté, Issa DIAGNE, and Grégoire SISSOKO</u></i>	
ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL EN PROCESO DE RECATEGORIZACIÓN Y MEJORA ACADÉMICA MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA	624-633
<i><u>Juan Sánchez Holguín, Dunia Colomé, and Juan Pedro Febles Rodriguez</u></i>	
Risques Sanitaires associés à la Campylobacteriose dans les élevages avicoles	634-642
<i><u>K. Es-soucratti, B. Bouchrif, Abderrahmane Hammoumi, and N. Cohen</u></i>	
Sistema para la selección del método pedagógico en sistemas tutores inteligentes	643-651
<i><u>Ivelisse Teresa Machín Torres</u></i>	
The Prevalence of Drug and Substance Abuse among School Going Teenagers in the Shiselweni Region of Swaziland	652-660
<i><u>Dlamini Patience Gugu and Makondo Davison</u></i>	
ELECTRIC POWER GENERATORS USED IN SELECTED BUILDINGS IN IBADAN METROPOLIS, NIGERIA	661-674
<i><u>AKEEM BOLAJI WAHAB</u></i>	
Caractérisation qualitative et quantitative des eaux usées de la ville Aïn Taoujdate (Maroc) et impact sur le fonctionnement de la station d'épuration de type lagunage	675-680
<i><u>Abdelaziz BOUHLAL, Abdelkader CHAHLAOUI, and Jawad BOUZID</u></i>	
Implementing rubrics to assess writing skills in an Adults Advanced EFL (English as a Foreign Language) Class at ICDA (Instituto Cultural Dominicano Americano)	681-710
<i><u>Santa Cabrera, Jayza Rosario, Pablo Castillo, and Jaison Jimenez</u></i>	
UTILISATION D'UNE METHODE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION POUR LE CHOIX D'UNE STRUCTURE DE DONNEES DANS UN PROBLEME DE GESTION	711-723
<i><u>Luc LUMANJI MBUNGA and Patrick MUKONKI MAYEKELA</u></i>	
Evaluation de la performance d'une station d'épuration de type lagunage à boues activées : Cas de la STEP Skhirat, Maroc	724-730
<i><u>M. Lakhlifi, Omar El Rhaouat, Driss Belghyti, and Khadija El Kharrim</u></i>	

Necesidad de una concepción teórica-metodológica para la enseñanza de la investigación sanitaria en la educación universitaria postgraduada

[Need for methodological theoretical concept for teaching health research in university postgraduate education]

David Joa-Espinal

¹Maestría en Salud Pública,
Universidad Central del Este,
Calle Francisco A. Camaño, San Pedro de Macorís, Dominican Republic

²Doctorado en ciencias de la educación, Universidad de La Habana, Cuba

Copyright © 2017 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: According to documentary evidence and expert opinion, the Dominicans programs that train master in public health and epidemiologists fail to develop them investigative skills needed to respond to social demands, when these professionals are inserted at the workplace. In order to identify the constituent elements of an effective learning of health research in postgraduate studies in the Dominican Republic, theoretical and empirical methods were used. It was found that the programs responsible for research training are the masters in public health and epidemiology at the universities UASD, UNIREMHOS, UCE and a program sponsored by the Center for Disease Control and Prevention, offered by the Ministry of Public Health. The preliminary review indicated that 63% of faculties have at least the master's degree and only 13% have specialized in education methodology training. The most obvious flaws in the education of health research are derived from the methods and procedures used in teaching.

KEYWORDS: investigative skills, health research, teaching methods, teaching, learning.

RESUMEN: De acuerdo con la evidencia documental y la opinión de expertos, los programas que capacitan a salubristas y epidemiólogos dominicanos no son capaces de desarrollar en ellos las competencias investigativas necesarias para responder a las demandas sociales cuando estos profesionales se insertan en el lugar de trabajo. Con el fin de identificar los elementos constitutivos de un aprendizaje efectivo de la investigación en salud en los estudios de postgrado en la República Dominicana, se utilizaron métodos teóricos y empíricos. Se obtuvo que los programas responsables de la formación en investigación sanitaria pertenecen a las universidades UASD, UNIREMHOS, UCE y un programa patrocinado por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades, ofrecido a través del Ministerio de Salud Pública. La revisión preliminar indica que el 63% de sus profesores tienen al menos un título de maestría y sólo el 13% se han especializado en metodología de la educación. Las debilidades más evidentes en la educación de la investigación sanitaria se derivan de los métodos y procedimientos utilizados en la enseñanza.

PALABRAS-CLAVES: Competencias investigativas, investigación sanitaria, métodos de enseñanza, aprendizaje, enseñanza.

1 INTRODUCCIÓN

Desde su inicio, los programas de estudios de postgrado en salud pública y epidemiología en la República Dominicana han tenido el propósito de desarrollar en los salubristas y epidemiólogos la capacidad de investigación y de toma de decisiones frente a los problemas que afectan la salud de la población, en respuesta a la demanda que hace la sociedad de contar con profesionales que posean competencias para abordar y resolver sus problemas sanitarios. Ese propósito se corresponde con las corrientes internacionales en materia de salud, pues la investigación sanitaria es considerada por la OMS/OPS como una de las funciones esenciales de la salud pública y favorece que adquieran un mayor impulso, enfoque y presencia en el ámbito de la salud pública [1].

Sin embargo la realidad actual discrepa de la situación deseada, por ejemplo, Saltman y Figueras [2] lamentan que “pocos países emprenden tales investigaciones y, cuando lo hacen, las mismas no forman parte de una estrategia bien pensada con el fin de satisfacer las necesidades de salud de las poblaciones en cuestión” (p. 76). Asimismo consideran que el desarrollo de competencias investigativas es uno de los desafíos para la educación en salud pública, y recomiendan que estos programas aseguren los conocimientos y habilidades de investigación en sus estudiantes.

El problema se presenta porque los programas que forman los salubristas y epidemiólogos dominicanos no logran formarles las competencias investigativas deseadas. Se observa que cuando estos se insertan al campo laboral, no muestran las competencias necesarias para investigar y tomar decisiones pertinentes frente a los problemas sanitarios que trascienden al ámbito académico.

Esa situación es corroborada por la Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social [3] -actual Ministerio de Salud Pública- cuando expresa: “También la función Investigación en salud pública, esencial para el desarrollo e implementación de soluciones innovadoras en salud pública, obtuvo un puntaje que la ubica en el cuartil de desempeño medio inferior, lo que puede significar que existe preocupación por la aparente baja atención al tema de investigación” (p. 18). Similar preocupación es expresada por la OPS [4] que coloca al país junto con Uruguay en el extremo inferior de los países de América Latina según el nivel de consolidación de la investigación en salud, afirmando que “no existe una política de investigación en salud, el financiamiento estatal es escaso o casi nulo... en estos dos países hay pocos incentivos y reconocimiento a los/as investigadores/as... Con respecto al personal profesional en República Dominicana, se dice que hay poca capacidad de investigación en los/as graduados/as de las facultades de ciencias de la salud.”(p. 9).

Este trabajo tuvo el objetivo de identificar los elementos constitutivos de una concepción teórico-metodológicos para el aprendizaje de la investigación sanitaria en los estudios de cuarto nivel de la República Dominicana.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron métodos teóricos y empíricos. Los métodos teóricos fueron el histórico-lógico, para analizar el devenir histórico-cultural de la enseñanza de la investigación sanitaria en los programas de postgrado, y el analítico-sintético, para descomponer, reagrupar y sintetizar la información obtenida. Los métodos empíricos fueron revisión documental, consulta de expertos y encuestas no probabilística de estudiantes y egresados de programas de maestrías en salud pública o epidemiología.

2 RESULTADOS

2.1 CONTEXTO DE LA FORMACIÓN DE INVESTIGADORES SANITARIOS

La mayoría de los profesionales responsables de las funciones de salud pública en el país son egresados de las maestrías en salud pública que existen en tres universidades dominicanas. De acuerdo a expertos consultados, estos tienen un pobre desempeño relativo a la investigación sanitaria especialmente debido a su formación académica, lo cual justifica la revisión de los procedimientos de enseñanza-aprendizaje utilizados en la educación postgraduada dominicana.

Los programas responsables de la formación investigativa en materia de salud son las maestrías en salud pública y en epidemiología. Actualmente existen tres maestrías en salud pública en igual número de universidades dominicanas y también se desarrolló un programa de maestría en epidemiología de campo de naturaleza internacional. Las universidades con maestrías en salud pública son la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), la Universidad Eugenio María de Hostos (UNIREMHOS) y la Universidad Central del Este (UCE). La maestría en epidemiología de campo fue auspiciada por el Center for Disease Control and Prevention (CDC), se ofertó en el país hasta el año 2011 a través del Ministerio de Salud Pública y fue impartida primero en la Universidad Nacional de Nicaragua, luego en la Universidad de León y posteriormente en la Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

La primera maestría en salud pública del país inició en la UASD en el año 1983, posteriormente surgieron la de UNIREMHOS en el 1986 y de la UCE en el 1989. Estos tres programas siguen activo actualmente, con cargas académicas diferentes para todo el plan educativo y para las asignaturas relacionadas con la metodología de la investigación y la epidemiología.

De acuerdo con sus respectivos Pensum [5], [6], [7] estos programas tienen cargas de 5 a 6 créditos en asignaturas de formación en metodología de la investigación y de 6 a 11 créditos de formación en epidemiología. El programa de la UCE es el que tiene mayor cantidad de créditos en investigación y el de UNIREMHOS en epidemiología. En sus respectivas ofertas académicas los tres programas se plantean objetivos dirigidos a la sólida formación de sus estudiantes para que sean capaces de llevar a cabo investigaciones sanitarias acorde con las tendencias mundiales en el campo de la salud pública.

2.2 PERFIL DOCENTE

La revisión preliminar del perfil de los cuerpos docentes de estos programas, muestra que sus integrantes tienen por lo menos el grado de maestrías, el 63% obtuvo ese grado en universidades dominicanas, y de estos, más de la mitad han realizado estudios adicionales en universidades extranjeras afines a la salud pública y la epidemiología. Solamente el 13% tiene formación especializada en metodología de la educación.

Mediante entrevistas a expertos conocedores de los programas de maestrías en salud pública del país, se obtuvo que la falla más evidente en la enseñanza de la investigación sanitaria depende de los métodos y procedimientos empleados en su enseñanza, que casi siempre corresponden a la formación tradicional, desvinculada de la realidad sanitaria dominicana, centrada en la enseñanza, donde el alumno es un receptor pasivo de la información.

2.3 PERFIL DE LOS ESTUDIANTES

Además del perfil docente, una concepción para el aprendizaje de la investigación sanitaria también debe apoyarse en el perfil de sus estudiantes. Como en la República Dominicana los maestrantes en salud pública y en epidemiología conforman “la principal materia prima” de los futuros investigadores sanitarios, se realizó una encuesta a estudiantes de la Maestría en Salud Pública de la UCE dirigida a establecer su perfil de ingreso y conocimientos previos sobre investigación sanitaria. Se obtuvo que el 62.9% era femenino, con una edad mediana de 33 años (rango 24 - 40 años) y un promedio de 9 años de haber obtenido el grado de licenciatura (rango 1-24 años), proceden de las carreras de medicina (82.9%), enfermería (6.0%), veterinaria (5.7%), odontología (3.1%) y bio-análisis (2.9%), el 94.3% tiene empleo formal en instituciones públicas o privadas de acuerdo a como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Lugar de trabajo de los estudiantes que ingresan a Maestría en Salud Pública

LUGAR DE TRABAJO	%
Instituciones del Ministerio de Salud Pública	48.6
Instituciones médicas privadas	22.86
Instituciones de otros Ministerios	8.58
Administradoras de Riesgo de Salud	5.7
Instituciones militares	5.7
Instituciones académicas de educación superior	2.86
Sin empleo formal	5.7

Con relación a su actividad científica previa, el 60% de los encuestados nunca ha participado como investigador principal de alguna investigación científica, solamente el 14% ha presentado trabajos en congresos científicos y el 17% ha participado en publicaciones de artículos de revistas científicas por lo menos una vez. Sus experiencias en el uso de herramientas computacionales están más asociadas a la búsqueda y uso del internet y al uso de manera regular de procesadores de textos como el software Word. Usan poco o nunca el software Excel y no conocen otra herramienta para el análisis automático de la información (Gráfico 1).

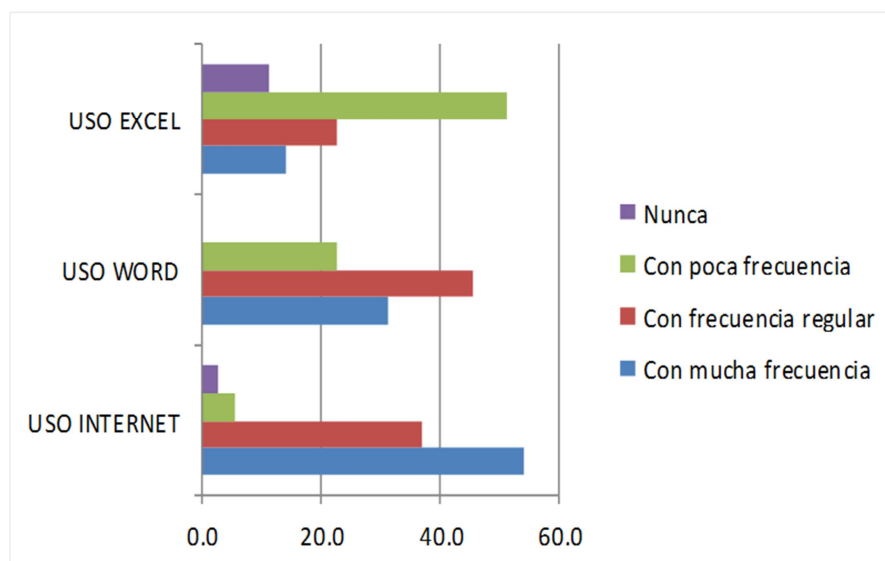


Gráfico 1. Uso de herramientas computacionales previo al ingreso a la Maestría en Salud Pública

2.4 PERFIL OCUPACIONAL DE LOS INVESTIGADORES SANITARIOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Siguiendo a Irigoin M., citado por Urbina [8] el objeto del análisis ocupacional son los puestos de trabajo y las tareas que desarrollan quienes son los sujetos de formación de las competencias investigativas. Las competencias del investigador sanitario se identifican cuando se responde a las interrogantes ¿qué hace, para qué lo hace y cómo lo hace? Y deben ser demostradas a través de su desempeño cuando se insertan al campo laboral.

En la encuesta de egresados de los programas de maestría salud pública se obtuvo que todos estaban trabajando, el 44% contestó que trabaja en instituciones pertenecientes al Ministerio de Salud Pública, el 22% en hospitales público, el 22% en instituciones de estudios superiores y un 11% en centros médicos privados. Asimismo el análisis de las funciones que desempeñan demostró que de acuerdo a las características de esas funciones, el 78% debe o puede vincularlas con investigaciones sanitarias.

El desempeño ocupacional está íntimamente asociado a las competencias esenciales que deben poseer los profesionales que ejercen labores de salud pública en países de las américas según lo expresa la OPS [9] y se manifiesta en las siguientes capacidades: análisis de situación de salud, vigilancia y control de riesgos y daños, promoción de la salud y participación social, diseño de políticas, planificación, regulación y control, equidad en el acceso, calidad en los servicios individuales y colectivos, y salud internacional / global.

En la República Dominicana estas competencias se vinculan a puestos y funciones que deben desarrollar salubristas y epidemiólogos en los sectores públicos y privados, a escala nacional, regional y local, a través de tareas de planeación, organización, gestión, vigilancia, análisis, supervisión, monitoreo, evaluación y toma de decisiones relativas a procesos sanitarios, y de comunicación, participación social, relación con organismos extranjeros y multinacionales.

2.5 MODELOS IDÓNEOS PARA LA FORMACIÓN DE LOS INVESTIGADORES SANITARIOS

Adicionalmente, una concepción para el aprendizaje de la investigación sanitaria debe revisar los modelos de enseñanza superior, especialmente las que están dirigidas a la formación de competencias en la educación sanitaria postgraduada, que pudieran adaptarse al aprendizaje de la investigación sanitaria en los contextos actuales de la educación dominicana, sin perder de vista las demandas de la sociedad del conocimiento, caracterizada por la globalización, la universalidad y la necesidad de dar respuesta a las nuevas concepciones pedagógicas, que de acuerdo con Cruz, Fernández, López & Ruíz [10] privilegian el protagonismo estudiantil, los cambios metodológicos enfocados a potenciar el aprender a aprender y la formación de profesionales de perfil amplio, mediante una estrategia de enseñanza que no pierda de vista la formación integral del estudiante, para que sea capaz de comprender la naturaleza dialéctica y cambiante del mundo y de la sociedad dominicana, desarrollar un pensamiento complejo, acorde con el funcionamiento del mundo real, actuar con independencia,

responsabilidad ética y creatividad; y también que desarrolle competencias particulares para la investigación de los eventos sanitarios que con frecuencia son muy dinámicos.

En la educación superior actualmente existen tendencias, cada vez más aceptadas que proponen un “enfoque de formación basado en competencias” que como afirma Tejeda y Sánchez del Toro [11] es uno de los caminos para acercarse al logro de la calidad deseada en los egresados universitarios y que incluso está presente en las políticas educativas de entidades internacionales como la UNESCO, la OEI, la OIT y el CINTERFOR [12]. Este enfoque podría ser la base de una herramienta alternativa, con la finalidad de proporcionar las respuestas adecuadas a la necesidad planteada.

Hay diferentes concepciones del concepto de competencia, las más acordes con la realidad latinoamericana se vinculan a proyectos de la educación superior, como los proyectos Alfa Tuning América Latina [13] y 6x4 Unión Europea, América Latina y El Caribe [14] que la define como “la capacidad de un profesional de tomar decisiones, con base en los conocimientos, habilidades y actitudes asociadas a la profesión, para solucionar los problemas complejos que se presentan en el campo de su actividad profesional” (P. 158).

2.6 INTERVENCIÓN EDUCATIVA

La intervención educativa para la adquisición de competencias investigativas parte del planeamiento didáctico que, de acuerdo al Instituto de Formación Técnico Profesional [15] es un proceso que establece las pautas de actuación de un proyecto de enseñanza aprendizaje. Sus componentes son: la currícula de los programas de maestría en salud pública o epidemiología, los módulos, asignaturas y/o unidades didácticas que procuran desarrollar las competencias, los insumos necesarios, el plan de ejecución, y las prácticas didácticas.

Se debe revisar y reorientar la currícula del programa para que se enfoque a la adquisición de competencias investigativas. Los módulos, asignaturas y unidades didácticas se deben transformar para que adopten un enfoque por competencias. Los insumos, el plan de ejecución y las prácticas didácticas deben estar en consonancia con los objetivos de aprendizaje y los contenidos del saber, el hacer y el ser, en un escenario donde el futuro salubrista o epidemiólogo pueda demostrar lo que es capaz de hacer, la forma de juzgarse si lo hizo bien y las condiciones en las que debe demostrar las competencias y cuáles evidencias son necesarias y suficientes.

Una manera viable y sencilla para las intervenciones educativas, es siguiendo la metodología constructivista propuesta por Martínez [16] que adapta el modelo de aprendizaje basado en problemas (ABP) a la educación sanitaria, que tiene similitud al modelo Jonassen. Es conveniente que la metodología se utilice con grupos pequeños de estudiantes con la ayuda de un facilitador, en los cuales se inicia explorando un problema predeterminado para delimitar los temas, objetivos, conocimientos previos necesarios y calendario de investigación. En reuniones posteriores de aprendizaje y trabajo, los estudiantes establecen métodos de investigación y planes de recolección, análisis e interpretación de información. En aquello caso que corresponda, también diseñaran y evaluarán propuestas innovadoras de solución de problemas. El papel del facilitador consiste en ofrecer los marcos conceptuales del método científico, apoyar el aprendizaje y garantizar que los estudiantes alcancen los objetivos establecidos mediante las prácticas pertinentes. Este proceso ofrece una buena oportunidad para desarrollar el proyecto de tesis final del programa de estudio, cuando se tiene ese requisito de graduación, al mismo tiempo que se adquieren las competencias investigativas.

Es preciso que los problemas sanitarios sean reales y que tengan importancia, pertinencia y viabilidad social, a partir de las propias experiencias de los estudiantes y del facilitador. El facilitador debe guiar y supervisar todo el proceso asegurando el apego al método científico y utilizando una estrategia de enseñanza-aprendizaje que obligue a los estudiantes a tomar sus propias iniciativas, aplicar los conocimientos a la práctica y desarrollar habilidades para el trabajo individual y grupal. De esta manera se persigue un aprendizaje significativo y perdurable, haciendo que los estudiantes hagan más hincapié en la comprensión que en la memorización, se promueva un aprendizaje autónomo y se reduzcan al mínimo las clases magistrales.

3 CONCLUSIONES

Lo planteado identifica parte de los aspectos constituyentes de la problemática que hace necesaria una concepción teórico-metodológica que sirva a los modelos de aprendizaje de la investigación sanitaria en los programas de postgrado de la educación superior de la República Dominicana.

Utilizando métodos teóricos y empíricos se obtuvieron resultados que hacen referencia al contexto institucional donde se desarrollan los procesos de enseñanza y el aprendizaje de la educación sanitaria en el país, la composición y características de los cuerpos docentes y estudiantes involucrados, los métodos y procedimientos de enseñanza-aprendizaje empleados, el perfil ocupacional de los investigadores sanitarios, las características del medio donde se desenvuelven los salubristas y

epidemiólogos, las temáticas prioritarias para la investigación sanitaria y los enfoques y modelos de enseñanza que pudieran sustentar el aprendizaje de la investigación sanitaria.

Para satisfacer las demandas sociales en el campo de la salud pública de contar con profesionales con competencias investigativas que den respuestas científicas e innovadoras a las necesidades sanitarias, este trabajo apoya la formulación de modelos que consideren el enfoque de formación por competencia, especialmente de aquellas experiencias adaptables a las Américas Latinas como los proyectos Alfa Tuning y 6x4 Unión Europea, América Latina y El Caribe.

REFERENCIAS

- [1] Organización Panamericana de la Salud, Desafíos para la Educación en Salud Pública: La Reforma Sectorial y las Funciones Esenciales de Salud Pública. Washington DC: OPS, 2000.
- [2] Saltman R., Figueras J., Reformas Sanitarias en Europa: Análisis de Estrategias Actuales. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo – Organización Mundial de la Salud OR Europa, 1997.
- [3] Secretaría de Estados de Salud Pública y Asistencia Social, Perfil del sistema de salud de la República Dominicana, Santo Domingo: SESPAS, 2007.
- [4] Organización Panamericana de la Salud, Situación de la investigación y enseñanza en salud pública en los países miembros de la RIMAIS. San José, Costa Rica: OPS, 2009.
- [5] Universidad Autónoma de Santo Domingo, Programa de Maestría en Salud Pública. Santo Domingo: UASD, 2014. Disponible en: http://www.uasd.edu.do/files/Documentos_Salud/MAESTRIA_EN_SALUD_PUBLICA.pdf
- [6] Universidad Eugenio María de Hostos, Carrera Maestría en Salud Pública. Santo Domingo: UNIREMHOS, 2016. Disponible en: <http://www.uniremhos.edu.do/servicios1>.
- [7] Universidad Central del Este, Plan de estudio de la Maestría en Salud Pública. San Pedro de Macorís, 2013. Disponible en: <http://portal.uce.edu.do/oferta-acad%C3%A9mica/oferta-acad%C3%A9mica-postgrado/descripci%C3%B3n-de-carreras-con-pensum-y-plan-de-estudio/maestria-en-salud-publica.aspx>
- [8] Urbina, O., Metodología para la evaluación de las competencias laborales en salud. La Habana. 2010 Disponible en: scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662010000200011
- [9] Organización Panamericana de la Salud, Competencias esenciales en salud pública: un marco regional para las Américas. Washington DC: OPS, 2013. Cruz, N., Fernández, B.,
- [10] López, E & Ruíz, A., La formación de los profesionales de la educación ante los retos de la educación superior contemporánea. La Habana: Educación Cubana. Ministerio de Educación, 2011.
- [11] Tejeda, R. & Sánchez, P., La formación basada en competencias en los contextos universitarios. En Libro electrónico: Centro de Estudios sobre Ciencias de la Educación Superior. Universidad de Holguín. "Oscar Lucero Moya", Cuba, 2008.
- [12] Tobón, S., La formación basada en competencias en la educación superior: El enfoque complejo. Bogotá: Instituto Cife, 2008.
- [13] Tuning América Latina, 2011-2013 Innovación Educativa y Social Disponible en: http://www.tuningal.org/es/publicaciones/cat_view/47-publicaciones-en-espanol-libros
- [14] 6X4 Unión Europea, América Latina y El Caribe, Propuestas y acciones universitarias para la transformación de la educación superior en América Latina. México, 2005. Disponible en: www.6x4uealc.org.
- [15] Instituto de Formación Técnico Profesional, Curso facilitador de la formación profesional: Planeamiento didáctico. Santo Domingo: INFOTEP, 2016.
- [16] Martínez-Clares, P., Martínez-Juárez, M y Muñoz-Cantero, J.M., Formación basada en competencias en educación sanitaria: aproximaciones a enfoques y modelos de competencia. RELIEVE, v. 14, n. 2, p. 1-23., 2008. Disponible en: http://www.uv.es/RELIEVE/v14n2/RELIEVEv14n2_1.htm

Le préambule de la mise en place d'une démarche marketing territorial: Proposition d'un modèle conceptuel

[Preamble of the implementation of a territorial marketing approach: Proposal of a conceptual model]

AZIZ EL KHAZZAR and HICHAM ECHATTABI

Groupe de Recherche en Economie et Territoire (GRET),
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales,
Université Abdelmalek Essaâdi, Tanger, Maroc

Copyright © 2017 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 a strongly competing context, the cities and areas of the world resort more and more to territorial marketing and to territorial brands ("BeBerlin", "I Amsterdam" "Only Lyon", "I love NY") to ensure their attractiveness with a good management of their image. In the face of this collective craze, the territorial marketing is from now on a major tool for territorial.

Certainly, this type of marketing - applied to the territory- is characterized by a theoretical complexity and a total absence of consensus on its theoretical and conceptual basis. Nevertheless, its evolution and its trends do not stop increasing because the context in which it intervenes is fast-changing and developing. Today, territorial marketing has reached the stage of branding, to do ambassador's strategy, to do digital field, etc.

In this research, having checked the literature of the attractiveness and the territorial marketing we are trying to focus on the preliminary phase of implementation of an approach of territorial marketing, on the one hand, and to propose an abstract model, which explains the necessary conditions of implementation of an approach of territorial marketing and its efficiency in the strengthening of the attractiveness of the investments on the other hand. This preliminary phase comes to put the solid bases of setting-up of a successful territorial marketing approach, made up generally of two big stages: a stage of strategic territorial marketing and another one of operational territorial marketing.

KEYWORDS: Place marketing, territorial attractiveness, territorial marketing approach, preamble of a territorial marketing approach.

RESUME: Dans un contexte fortement concurrentiel, les villes et régions du monde ont de plus en plus recours au marketing territorial et aux marques territoriales («*Be Berlin* », «*I Amsterdam* » «*Only Lyon* », «*I Love NY* ») pour assurer leur attractivité avec une bonne gestion de leur image. Face à cet engouement collectif, le marketing territorial est désormais un outil capital pour les collectivités territoriales.

Certes, ce type de marketing –appliqué au territoire - se caractérise par une complexité théorique et une absence totale de consensus sur son fondement théorique et conceptuel. Néanmoins, son évolution et ses tendances ne cessent d'accroître, car le contexte dans lequel intervient est en pleine mutation et évolution. Aujourd'hui, le marketing territorial est arrivé au stade de branding, à la stratégie d'ambassadeur, au digital, etc.

Dans la présente recherche, nous tentons, après avoir survolé la littérature de l'attractivité et de marketing territorial, de mettre l'accent sur la phase préalable de mise en place d'une démarche de marketing territorial, d'une part. Et de proposer un modèle conceptuel expliquant, les conditions nécessaires de mise en place d'une démarche de marketing territorial et de son efficacité dans le renforcement de l'attractivité des investissements d'autre part.

Cette phase préalable vient poser les bases solides d'implantation d'une démarche marketing territorial réussie, composée généralement de deux grandes étapes : une étape de marketing territorial stratégique et une autre de marketing territorial opérationnel.

MOTS-CLEFS: marketing territorial, attractivité territoriale, démarche marketing territorial, préambule de démarche marketing territorial.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte caractérisé par de nouvelles formes de compétition, opposant, les régions et villes, la notion d'attractivité des territoires est devenue un concept d'actualité. Dans ce sens, selon Pasquier et Yersin, 2009¹, *Il ne fait aucun doute qu'avec la mondialisation de l'économie et notamment l'existence de moyens de transport rapides et l'homogénéisation des produits et des services, les pays, les régions et les villes se trouvent de plus en plus en concurrence entre eux*. Cela a légitimé dès le début des années 1980, avec la mise en place des politiques d'attractivité territoriale considérées comme une justification de l'existence des institutions et d'acteurs territoriaux et de leurs actions dans le développement territorial. Aujourd'hui, avec l'exacerbation de la concurrence, il est devenu nécessaire de renforcer l'attractivité territoriale par de nombreuses stratégies dont celle de marketing territorial. L'objectif est de soutenir au maximum les entreprises, attirer des investissements et éviter les délocalisations.

Dans le présent travail, nous chercherons à apporter des éléments de réponses théoriques à la question suivante : « **dans le but d'attirer des investissements et des entreprises, à quelles conditions préalables, une démarche de marketing territorial peut-elle s'appliquer dans un territoire² ? Et comment cette démarche impactera l'attractivité des investissements ?** ». Avec cette problématique, nous identifierons premièrement les conditions pré-requises – ou **le préambule** – à la mise en place d'une démarche marketing territorial. Cela suppose de survoler la littérature dans ce sens et les principales pratiques et expériences réussies, etc. L'objet est de préparer un terrain pour lancer une démarche marketing territorial efficace et réussie. Deuxièmement, nous essayerons de schématiser l'ensemble de la démarche marketing territorial et son effet sur l'arrivée des investisseurs.

Dans les choix méthodologiques, nous suivrons une démarche hypothético-déductive, dans laquelle on peut passer généralement, par quatre grandes étapes, Larbet, (1993)³:

- Nous déterminons quels sont les concepts qui permettent de répondre à notre question de recherche. Nous mettons ainsi en avant, d'après la littérature, **les hypothèses, modèles ou théories** qui correspondent à notre sujet.
- Au cours d'une première phase, nous observons que **les hypothèses, modèles ou théories mobilisés, ne rendent pas parfaitement compte de la réalité ;**
- Nous déterminons de **nouveaux modèles, hypothèses ou théories à l'aide de l'étude exploratoire ;**
- Nous mettons alors en œuvre **une phase de test** qui va nous permettre de **réfuter, ou non, les hypothèses, les modèles ou les théories.**

Dans cette recherche, nous nous arrêtons à la première phase pour proposer un modèle conceptuel. Les autres étapes permettent de le valider (contextualiser) et le vérifier.

La structure de notre investigation se déroulera en deux étapes. Dans un premier temps, nous mettrons la lumière sur les principaux concepts (I) en définissant la notion de marketing territorial et celle de l'attractivité. Dans un deuxième temps, et après avoir présenté la démarche générale de marketing territorial (II), nous enchaînerons par la justification et la proposition d'un modèle conceptuel (III).

¹ PASQUIER.M et YERSIN..N (2009), *L'image de la Suisse à l'étranger*, Institut des Hautes Etudes en Administration Publique, Lausanne, pp88.

² Par territoire nous entendons une destination dans son sens général, qui peut être une région, une ville voire même un découpage non administratif (territoire pertinent).

³ Thiétart R.A. et coll., *Méthodes de Recherche en Management*, Paris : Dunod, 2007. P.553

2 PRÉSENTATION DES CONCEPTS : L'ATTRACTIVITÉ ET LE MARKETING TERRITORIAL

2.1 L'ATTRACTIVITÉ TERRITORIALE OU « LA CAPACITÉ À ATTIRER »

En général, l'attractivité d'un territoire concerne aussi bien les investisseurs, que les touristes et les nouvelles populations, voire même les étudiants, les retraités, etc. Néanmoins, la plupart des travaux, des recherches académiques et les publications menées sur ce concept, ont de plus en plus concerné le tissu productif. Le tissu résidentiel et le tissu touristique sont moins traités. La définition du terme d'attractivité territoriale est souvent liée aux investissements ou plutôt à la capacité d'un territoire à captiver ces investissements.

Les définitions de l'attractivité sont multiples et diverses selon les auteurs, le public-cible à attirer et selon l'approche suivie. Néanmoins, la plupart mettent l'accent sur la capacité d'un territoire à offrir des conditions d'implantation plus intéressantes que celles des territoires concurrents, afin d'attirer et retenir une population, un investissement ou des touristes dans le but d'atteindre des différents objectifs.

Dans ce cadre, Cœuré et Rabaud (2003)⁴ définit l'attractivité territoriale comme « *la capacité d'un pays à attirer et retenir les entreprises* ». C'est une vision partagée par Fabrice Hatem, (2004)⁵, qui l'a défini lui aussi comme la « *capacité à attirer une fraction significative de l'investissement mobile* ».

Une autre définition, évoquant l'aspect temporel et le mode d'internationalisation, assimile l'attractivité à « *la capacité d'un territoire à être choisi par un acteur comme zone de localisation (temporaire ou durable) pour tout ou partie de ses activités* » (P. Jacques et G. Hubert, 2010)⁶.

De son côté Fabry (2009)⁷, justifie l'attractivité d'un territoire par l'offre diversifiée que chaque territoire présente aux investisseurs :

« *Un territoire est attractif parce qu'il permet aux entreprises de bénéficier de ressources exploitables, d'infrastructures fiables, de main d'œuvre disponible, qualifiée et productive, de technologies, de services publics et plus généralement, parce qu'il bénéficie d'un environnement socio-économique et politique favorable* » (N. Fabry, 2009).

Dans une acception large, « *la notion d'attractivité renvoie à la capacité d'attirer des activités nouvelles et les facteurs de production mobiles (capitaux, équipements, entreprises, travailleurs qualifiés)* » (H. Krifa-Schneider et N. Bauduin, 2007)⁸.

L'attractivité est une notion si complexe et polymorphe. Dans cette recherche, et dans une vision simpliste, nous définissons l'attractivité d'investissement comme la capacité d'une ville, d'une région ou d'un territoire à retenir, à développer et à attirer des entreprises ou des investisseurs par la valorisation des ressources et la mobilisation des compétences. Dans ce sens, le marketing territorial peut jouer pleinement ce rôle.

2.2 LE MARKETING TERRITORIAL : UNE BOÎTE À OUTILS DE GESTION ET DE VALORISATION DES TERRITOIRES

Le marketing territorial représente, ces dernières années, une des plus importantes méthodes du management territorial, appliquée dans la gestion et la valorisation des territoires. Il constitue un outil de développement du territoire, à cheval entre communication, marketing et stratégie territoriale. C'est un domaine encore jeune, ouvert et en construction⁹.

Ainsi, étant en constante évolution, il nourrit de plusieurs disciplines pour pouvoir apporter des outils efficaces et adaptés aux problématiques des collectivités territoriales. C'est pour cela, sa définition ne trouve guère l'unanimité.

⁴ B. Cœuré (B.) et I. Rabaud (2003) : « Attractivité de la France : analyse, perception et mesure », *Économie et Statistique* n° 363-364-365

⁵ F. HATEM (2004 a), « Attractivité : de quoi parlons nous ? », *Pouvoirs Locaux*, n°61 II/2004.

⁶ Jacques Poirot, Hubert Gérardin, 2010, « L'attractivité des territoires : un concept multidimensionnel », *Mondes en développement* (n° 149), p. 27-41.

⁷ Nathalie Fabry, 2009, « Clusters de tourisme, compétitivité des acteurs et attractivité des territoires », *Revue internationale d'intelligence économique* 2009, p. 55-66.

⁸ Hadjila Krifa-Schneider, Nicolas Bauduin, 2007, « Dynamique et déterminants des IDE en Russie », *Innovations* (No 26), p. 155-175

⁹ A. EL KHAZZAR & H. ECHATTABI, "The practices of territorial marketing in the Moroccan context: reflections elements", 1 May 2016, pp. 183-196

A l'instar du marketing classique, le marketing territorial est, souvent, réduit aux actions de communication et de promotion territoriale. En effet, dans la réalité, c'est un état d'esprit, une démarche globale et une manière de penser. Il vise à bâtir une argumentation robuste pour leurs territoires avant de passer à la communication territoriale. Il est aujourd'hui arrivé à la marque territoriale et à la stratégie d'ambassadeur. En d'autres termes, les objectifs de la démarche marketing sont le socle de la communication. En transposant les propos de D. Porte¹⁰ à l'échelle territoriale, on pourrait dire que les objectifs de marketing consistent à donner les bases d'une communication cohérente et réfléchie, organisée et aux résultats efficaces.

Les pratiques du marketing territorial s'inscrivent dans une approche approfondie de compréhension et d'analyse d'un marché, dans le but d'évaluer premièrement, le positionnement stratégique de l'offre territoriale, ensuite, de cibler le public (les touristes, les entreprises et les investisseurs...) à attirer. Il s'agit d'arrêter les objectifs et de déterminer les moyens adéquats pour les atteindre. De ce fait, il ne s'agit pas d'être le meilleur à une certaine date, mais de promouvoir ses spécificités dans le temps (G.- F. Dumont)¹¹ : c'est une stratégie de réflexion et mise en œuvre de long terme.

Le marketing attire les praticiens et théoriciens, mais appliqué dans la ville, la région... c'est encore très curieux et très attrayant aux développeurs économiques et marketeurs territoriaux. De ce fait, les auteurs et spécialistes sont nombreux et par conséquent les définitions sont nombreuses et hétérogènes.

En effet, il sera inutile ni possible de recenser toutes les définitions existantes. Nous passons sur celles les plus convenables et adéquates à la problématique du développement économique et territorial par l'amélioration de l'attractivité des entreprises.

Dans ce sens, le marketing territorial peut être vu au sens TEXIER. L, VALLA et Jean Paul, (1992)¹² comme « *un ensemble des actions collectives et individuelles pour attirer des activités nouvelles sur un territoire, favoriser le développement des entreprises exerçant localement leurs activités et promouvoir globalement une image favorable* ». Il ne s'agit pas ici d'attirer seulement des nouvelles entreprises étrangères mais le marketing territorial vise aussi à retenir et à développer les entreprises locales.

Fabrice Hatem (2007)¹³ s'est intéressé, lui aussi, à la promotion et à la prospection des projets d'investissements internationalement mobiles sans omettre les entreprises locales. Il définit le marketing territorial comme l'ensemble des outils et techniques qui ont « *pour but d'inciter des acteurs extérieurs à nouer des relations marchandes avec des acteurs déjà présents sur le territoire, notamment, mais pas seulement, en s'implantant sur celui-ci.* »

Pour ces deux définitions, la cible de marketing territorial demeure seulement les entreprises et les investisseurs. Néanmoins, le public-cible du marketing territorial est nombreux : touristes, résidents, retraités, étudiants, entreprises, investisseurs, congrès, séminaires, événements sportifs et culturels, ...

En général, les définitions se multiplient, étant donné que ce concept intéresse aussi bien les chercheurs, marketeurs, géographes, urbanistes, économistes..., que les praticiens : les développeurs territoriaux, les agences de promotion territoriale...

Enfin, et dans la perspective du développement économique régional, le marketing territorial, « une forme moderne de management territorial, vise plus précisément les investisseurs et les entreprises étrangères et locales. C'est un ensemble d'actions des acteurs publiques et privés impliqués directement ou indirectement, individuellement ou collectivement au service de l'attractivité territoriale, en partant de l'identité du territoire concerné tout en présentant une offre différente et concurrentielle par rapport aux autres concurrents » EL KHAZZAR & H. ECHATTABI, 2016. La décentralisation et plus précisément, les projets de régionalisation créent un environnement favorable au développement de ce genre de pratique.

¹⁰ D.PORTE, 1988, « la communication des villes, Paris : Milan Midia

¹¹ G.-F. Dumont, 1993, « Villes et Territoires en compétition », Économie Urbaine, Editions Litec, Paris, p. 197.

¹² L. Texier et Valla J.P. (1992), Le Marketing Territorial et ses enjeux, Revue Française de Gestion, Janvier/Février, 45-55.

¹³ F.HATEM, « le marketing territorial, Principes, méthodes et pratiques, Edition EMS Management et société. 2007.

3 LA DEMARCHE MARKETING TERRITORIAL

Il existe un consensus dans la petite littérature sur le marketing territorial qu'il ne fait aucun doute que le territoire peut être abordé comme un « produit » (Kotler et Getner, 2002)¹⁴. Dans cette optique le marketing appliqué à un territoire est une action naturelle¹⁵. Pour V. Gollain 2013, la démarche méthodologique au sens du marketing territorial est dérivée de celle du marketing d'entreprise, dont on transpose et adapte les grands principes. C'est une méthodologie robuste qui va du diagnostic à l'élaboration d'une stratégie puis la mise en œuvre d'un plan d'actions pertinent au regard des objectifs définis. De ce fait, on peut transposer aisément la démarche du marketing classique à l'échelle territoriale¹⁶.

En effet, cette démarche peut être résumée en deux phases : choix stratégiques fondés sur un diagnostic territorial et mis en œuvre. Cependant, pour assurer sa réussite, elle doit être d'une part, précédée par une contextualisation de la problématique à laquelle le marketing territorial peut répondre, une préparation du terrain et du climat pour mettre en place de telle démarche (la disponibilité des moyens financier, humains et techniques...). Et d'autre part, elle doit être encadrée continuellement par plusieurs actions comme la mobilisation, l'implication et la coordination de différents acteurs du territoire.

Plusieurs démarches de marketing territorial ont été adoptées selon les régions, les villes, les agences de développement, les moyens, etc. Il n'est donc pas nécessaire, ni possible du reste, de présenter l'ensemble de ce qui existe¹⁷.

En général, la démarche marketing territorial peut englober plusieurs phases, selon les auteurs et selon les professionnels. Les praticiens du marketing territorial distinguent clairement trois phases incontournables:

- le diagnostic de la situation actuelle (quel positionnement ? Quelles ressources ?) ;
- les alternatives stratégiques (quelles pistes d'évolution possibles ?) ;
- la mise en œuvre (traduction opérationnelle de la démarche en actions palpables).

Ce sont les étapes les plus courantes, aussi bien sur le plan théorique que sur le plan pratique. Cependant, dans la pratique, l'ensemble de ces étapes ne sont pas fidèlement respectées. Plusieurs collectivités territoriales passent directement à la communication en négligeant les premières phases de diagnostic et de réflexion stratégiques.

Pour Chamard, (2014)¹⁸, la démarche globale de marketing territorial regroupe deux grandes phases :

- La première étape, dite amont : elle regroupe toutes les étapes qui précèdent la mise en œuvre du marketing territorial, le diagnostic territorial y compris. Elle comprend trois moments dans lesquelles les principales décisions sont prises et d'une manière irréversibles ;
- La deuxième étape, dite aval : elle concerne toutes les actions collectives de la mise en œuvre du marketing territorial. C'est la traduction opérationnelle de la démarche en actions concrètes.

¹⁴ KOTLER P. ET GERTNER D. (2002), *Country as brand, product and beyond : a place marketing and brand management perspective*, *Journal of Brand Management*, 9, 4-5, 249-261.

¹⁵ M. Chanoux & O. Keramidas, « Vers une compréhension de l'évolution du marketing territorial vers le branding territorial : Le cas d'Only Lyon », s.d

¹⁶ La problématique de transposition a été longuement discutée par plusieurs marketeurs (Kotler et Getner, F. Hatem, B. Myronin, V. Gollain, V. Girard, Noisette et Valléguro, etc.)

¹⁷ A. EL KHAZZAR & H. ECHATTABI, "The practices of territorial marketing in the Moroccan context: reflections elements", 1 May 2016, pp. 183-196

¹⁸ C. CHAMARD (2014), *le marketing territorial : comment développer l'attractivité et l'hospitalité des territoires ?* Bruxelles, de Boeck, 2014. 1re éditions

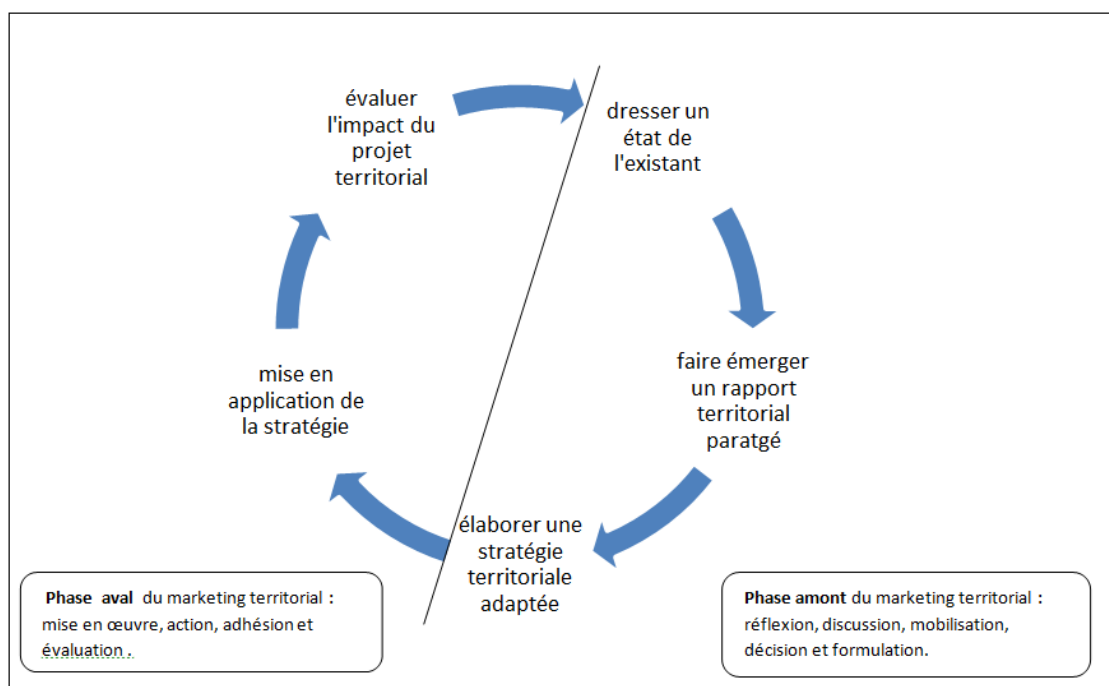


Figure 1 : la démarche de marketing territorial

Source : adapté de Chamard, 2014

La démarche de marketing territorial, selon Chamard, fonctionne comme un cycle sans fin, non pas pour bâtir une nouvelle stratégie chaque semaine, mais plutôt pour rester à l'écoute des publics concernés, des parties prenantes, du territoire. Cela nous renvoie à la distinction faite par Jean-Paul Bobin à propos du marketing commercial et marketing politique.

En effet, le marketing politique peut être considéré comme « *stratégie de rendez-vous* » ou une stratégie d'une journée de l'élection. Alors, le marketing commercial et par conséquent le marketing des endroits, c'est une « *stratégie de parcours* ». Les réflexions stratégiques se font régulièrement.

Certes, ces différentes étapes sont incontournables pour que le marketing territorial puisse atteindre ses objectifs. Cependant, dans la réalité ces différentes étapes sont trop peu utilisées par les collectivités territoriales, qui ont tendance d'aller directement à la publicité.

D'un autre côté, et au-delà du respect de ces deux phases, amont et aval, une autre préparatoire s'ajoute pour la réussite de la démarche marketing territorial : le préambule.

En effet, le respect de ces trois phases assure la réussite de démarche marketing territorial et la conduit à jouer son rôle dans le renforcement de l'attractivité des investissements.

4 LA DÉMARCHE DE MARKETING TERRITORIAL AU SERVICE DE L'ATTRACTIVITÉ : ESSAI DE CONCEPTUALISATION/ PROPOSITION DE MODÈLE CONCEPTUEL

Plusieurs développeurs économiques et territoriaux recommandent que avant d'entamer une démarche de marketing territorial, il est incontournable de préparer et réfléchir aux conditions préalables à sa mise en place pour pouvoir l'appliquer sur de bonnes bases.

Dans ce sens, nous proposons plusieurs variables que les territoires doivent tenir compte avant chaque stratégie marketing territorial. Ces variables sont les clés de la réussite pour poser les bases solides d'une démarche réussie de marketing territorial.

Dans les paragraphes qui suivent, nous nous intéressons, d'abord, aux principaux éléments préparatifs à la mise en place de la démarche marketing territorial (1), ensuite, nous passerons brièvement sur les deux grandes phases classiques du marketing territorial. Enfin, - dans une représentation graphique- nous présenterons l'ensemble de la démarche de marketing territorial et son impact sur l'attractivité des investissements. Il s'agira d'un modèle conceptuel provisoire¹⁹ qui permettant d'expliquer comment une démarche marketing territorial globale et cohérente pouvant influencer positivement l'attractivité des investissements.

4.1 LE PRÉAMBULE DE MISE EN PLACE D'UNE DÉMARCHE DE MARKETING TERRITORIAL

En général, toute démarche marketing territorial nécessite du temps, et, doit s'appuyer sur une méthodologie globale, fiable et robuste. Ces éléments, sont regroupés dans une phase préalable à toute mise en place d'une démarche de marketing territorial nommée « *le préambule de mise en place d'une démarche de marketing territorial* ».

Pour Gollain, 2016, il est indispensable de consacrer plus de temps aux préparatifs de la démarche marketing territorial en proposant plusieurs variables préparatoires rassemblées dans un acronyme « *VCPMPMIT*²⁰ ». Ainsi s'intéressant davantage à la question de la mobilisation des acteurs avant toute démarche marketing territorial, il ajoute:

« Avant de débiter toute démarche de marketing territorial, je recommande d'engager un travail préparatoire visant à mobiliser les forces vives de l'attractivité du territoire. Ce n'est pas toujours très simple mais il est essentiel que les principaux acteurs de l'attractivité agissent de concert. Investir du temps au début à construire une alliance d'acteurs locaux est essentiel et évitera de perdre énormément de temps par la suite » Vincent Gollain , 2016 .

Il a proposé aussi huit leviers que toute équipe chargée de monter une stratégie marketing territorial doit maîtriser à savoir : ne pas confondre le marketing territorial avec le marketing d'entreprise ou marketing institutionnel ; se placer le plus possible à l'échelle d'une destination ; préparer l'organisation du travail collectif ; se donner le temps de mobiliser les acteurs.



Figure 2 : les 8 leviers pour la réussite d'une démarche de marketing territorial

¹⁹ Nécessitant une étude exploratoire pour rendre compte un contexte et par la suit il fera l'objet d'une validation à l'aide d'une étude quantitative confirmatoire

²⁰ Vision et objectifs de long terme ; Clients ; Portages politique et managérial ; Moyens ; Partenaires et ambassadeurs ; Promotion de la démarche ; Méthode ; Imagination et opportunité ; Temps.

Dans le présent travail nous proposons sept variables (*le besoin et la volonté, le recours aux outils promotionnels, la bonne compréhension de la démarche marketing territorial, la mobilisation totale des acteurs, l'implication des acteurs, la coordination et l'influence de la stratégie globale en amont*) tirées de la littérature et d'analyse des principales expériences²¹ réussies en matière de marketing territorial. Ces variables permettant d'aménager le terrain pour implanter une démarche de marketing territorial efficace et réussie. Il s'agit de

- **le besoin et la volonté d'attirer des entreprises**

Nous supposons que les acteurs régionaux chargés de promouvoir le territoire manifestent leur besoin d'attirer les investisseurs et les entreprises et, ils sont conscients de l'importance de faire venir des activités créatrices de revenu et d'emploi. Dans ce sens, la volonté des acteurs locaux, est l'une des variables importantes d'attirer des entreprises.

La première hypothèse peut être formulée de la façon suivante :

« Le besoin et la volonté d'attirer les investissements influence positivement la mise en place d'une démarche de marketing territorial »

Cette hypothèse a pour vocation de comprendre les influences liant le besoin et la volonté d'attirer des entreprises à la mise en place de la stratégie marketing territorial. Cela constitue la première condition qui aide à réalisation d'une démarche réussie de marketing territorial.

- **Le recours aux outils promotionnels**

Parmi les attributions des agences de développement territorial, des institutions publiques de promotion d'investissement, etc. se trouve la promotion des investissements, à travers la valorisation des potentialités du territoire. Pour effectuer cette mission, on suppose que les acteurs- développeurs régionaux chargés de promouvoir l'investissement - recourent, d'une manière ou d'une autre, aux outils promotionnels. Cela facilite le recours à des outils plus structurés comme ceux du marketing territorial.

Les acteurs- développeurs régionaux chargés de promouvoir l'investissement recourent aux outils promotionnels.

Des acteurs régionaux habitués aux outils promotionnels ne trouvent pas de difficulté de recourir à une démarche complète englobant ces outils. Donc, c'est une condition nécessaire pour la mise en place d'une stratégie de marketing territorial.

- **Une bonne compréhension de la démarche marketing territorial**

Il existe parfois une confusion chez les acteurs territoriaux entre le marketing territorial et la communication territoriale. Une parfaite compréhension aurait une influence sur la réussite de la démarche de marketing territorial. En effet, dans le cas d'une mauvaise compréhension de cette démarche, les décideurs locaux passent directement à la communication, considérée comme la phase la plus visible, pour faire venir plus d'investisseurs.

Une bonne compréhension de la démarche de marketing territorial influence positivement la mise en place d'une démarche de marketing territorial réussie

La compréhension de la démarche de marketing territorial permet aux acteurs de distinguer entre les outils de communication et la démarche générale du marketing territorial. Comme l'a expliqué PORTE²² « *les objectifs de marketing consistent à donner les bases d'une communication cohérente et réfléchie, organisée et aux résultats efficaces* ». Le respect des phases préparatoires du mix marketing territorial est la clé de réussite de la démarche marketing territorial.

- **La mobilisation totale des acteurs**

Les démarches individuelles de promotion et de prospection des territoires deviennent de plus en plus difficiles à rentabiliser. Et parce que le territoire est un lieu commun, il est nécessaire de développer des actions collectives aux dépens des actions individuelles.

²¹ L'expérience de la ville Lyon : www.onlylyon.com ; L'expérience d'Amsterdam <http://www.iamsterdam.com/fr/>; l'expérience de Londres : <http://www.londonandpartners.com/>, etc.

²² D.PORTE, 1988, « la communication des villes, Paris : Milan Midia

Le marketing territorial n'échappe pas à ce mouvement vers la dynamique collective car, pour être pleinement efficient, il va s'agir désormais de parvenir à réussir la mobilisation totale des différents acteurs clés du territoire pendant toutes les étapes de la démarche : de la phase amont jusqu'à la phase aval, Gollain, 2008. Dans ce contexte, *sans mobilisation le territoire n'existe pas* (Chamard, 2014). Nous supposons que la mobilisation d'acteurs économiques, publics et privés, tout en raisonnant collectivement derrière un seul et unique objectif en faveur d'un territoire, est un élément clé pour la réussite de la démarche marketing territorial.

La mobilisation de l'ensemble des acteurs économiques, publics et privés aurait une influence positive sur la réussite de la démarche marketing territorial.

« Cette mobilisation, doit viser à cultiver les atouts des uns et les qualités des autres et à utiliser au mieux les compétences de chacune des parties afin de répartir les risques et de partager les bénéfices communs (OSBORNE, 2000²³) pour le plus grand bien de la collectivité ».

• L'implication des acteurs

L'implication, un mot maître de gouvernance territoriale et un signe fort de réussite de la mobilisation : « toutes les définitions données au concept de gouvernance mettent l'accent sur l'implication des acteurs » L. Bouzoubaa, 2009. La réussite d'une stratégie territoriale n'est pas la responsabilité d'un seul acteur, mais c'est un processus de mobilisation, d'implication et de coordination de différents acteurs.

L'enjeu du territoire est donc de rassembler et d'impliquer les acteurs de l'offre territoriale afin de produire ensemble une analyse puis une stratégie marketing collective (V. Gollain). Par ailleurs, comme la démarche collective est un des apports du marketing territorial aux stratégies d'attractivité, nous supposons que : une démarche de marketing territorial réussie dépend de l'implication des différents acteurs locaux dans la prise des décisions relatives au développement territorial :

« L'implication des différents acteurs locaux a une influence positive sur la réussite de la démarche marketing territorial »

Il ne s'agit pas seulement de demander leurs avis sur la démarche, mais bien plus fondamentalement de susciter leur participation et leur implication, dans l'élaboration de la stratégie territoriale.

• La coordination

Après avoir mobilisé et impliqué les différents acteurs, on passe à la coordination. En effet, le territoire, un concept complexe et caractérisé par la diversité de ses acteurs. De ce fait, la coordination entre les acteurs est une condition *sine qua non* pour le développement régional « la coordination, la négociation rendues nécessaires pour faire évoluer le territoire vers les objectifs souhaités amènent à créer de nouveaux processus » L. Bouzoubaa, 2009. La variable coordination trouve sa légitimité dans la théorie de convention²⁴ qui lui apporte des solutions.

La démarche de marketing territorial repose sur la bonne coordination des actions des différents acteurs locaux impliqués dans la promotion des investissements :

La coordination des actions des acteurs locaux influence positivement la réussite de démarche marketing territorial

• L'influence de la stratégie globale en amont

Le marketing territorial est un outil -parmi d'autres- pour gérer l'attractivité mais qui ne suffit pas à lui-même : il doit être imbriqué au cours de stratégie territoriale, Maeva Chanoux, 2015. De ce fait, un projet territorial global en amont constitue un facteur clé pour la réussite de stratégie marketing territorial. Car elle permet de créer le climat propice pour l'implantation d'une stratégie de marketing territorial :

Une stratégie territoriale globale en amont appuyée sur projet territorial partagé influence positivement la réussite de démarche marketing territorial.

²³ EL HIJRI EP. BOUZOUBAA Lamiaâ, (2009), « gouvernance et stratégies territoriales : le rôle des acteurs dans la gestion de leur territoire » Thèse de Doctorat ès Nouveau Régime Sciences de Gestion de l'Université de METZ, 2009, 344 p.

²⁴ L'objectif d'une convention est ainsi d'assurer la coordination entre des acteurs individuels dans le cadre d'une action menée collectivement (BATIFOULIER (2001), BATIFOULIER et de LARQUIER (2001a) et GOMEZ (1997 ; 1998),

La stratégie globale du territoire, un élément essentiel, permettra de définir des objectifs précis à la démarche marketing territorial. Plus la stratégie marketing territorial est appuyée sur une stratégie de développement territorial plus sa réussite est assurée.

4.2 LA MISE EN ŒUVRE D'UNE DÉMARCHE MARKETING TERRITORIAL : DE LA PENSÉE STRATÉGIQUE À LA MISE EN APPLICATION

Après avoir présenté les conditions nécessaires d'implantation d'une démarche marketing territorial, deux grandes phases que le développeur ou le marketeur territorial doit respecter : la phase amont et la phase aval du marketing territorial. Chacune comprend plusieurs variables clés contribuant directement ou indirectement à augmenter l'attractivité des investissements.

- **La phase amont du marketing territorial**

Dans ce point, nous supposons que :

Le marketing territorial stratégique, la phase la plus énergivore de la démarche marketing, contribue à structurer les fondements de toute démarche marketing territorial, ainsi qu'un moment propice de faire émerger *un projet territorial partagé*²⁵.

En effet, la pensée stratégique est devenue indispensable pour la gestion locale lorsqu'elle s'est trouvée confrontée à la nécessité de définir et de réaliser simultanément des objectifs de développement territoriaux²⁶. Dans ce cadre, on ne peut pas parler du marketing opérationnel sans que les étapes antérieures n'aient pas été bien menées. Pour que la démarche marketing territorial soit efficace et par conséquent atteigne l'objectif de renforcement de l'attractivité des investissements, il faut donner aux éléments de marketing territorial stratégique toutes leurs places.

Le diagnostic stratégique territorial permet de trouver les avantages comparatifs et différenciatifs du territoire qui permettent aux territoires de connaître ses forces, ses faiblesses, ses opportunités et ses menaces. Ces éléments sont importants pour chaque stratégie de renforcement d'attractivité.

La segmentation territoriale permet de segmenter les cibles afin de mieux réussir le ciblage à travers une offre territoriale bien adaptée. La segmentation territoriale permet de trouver des segments des marchés qui expriment des besoins homogènes, car les territoires ne peuvent pas s'adresser à l'ensemble d'une cible vaste et à besoins hétérogènes. Selon les secteurs porteurs et dynamiques, le territoire peut choisir les segments (ou le segment) d'entreprises ou d'investisseurs à suivre pour leur proposer de venir investir sur le sol du territoire.

Une fois la segmentation territoriale réalisée, il faut cibler le segment d'investissement ou d'entreprise que le territoire veut attirer. Le ciblage consiste à évaluer l'attractivité et l'intérêt de chaque segment pour décider de cibler ou non de ces investisseurs. L'objectif de ciblage permet d'éviter les segments d'investisseurs et des entreprises inutiles en se concentrant sur ceux les plus importants et sur ceux auxquels le territoire dispose une offre territoriale bien adaptée à leurs besoins et leurs attentes.

Positionner un produit consiste à le concevoir et le promouvoir de façon à ce qu'il acquière une valeur distinctive face à la concurrence auprès du marché visé. Le positionnement joue un rôle déterminant dans la prise de décision du choix final d'implantation.

Les éléments du marketing territorial stratégique influencent positivement la réussite de la démarche marketing territorial

Selon Chamard, 2014, cette phase du marketing territorial revêt un intérêt majeur parce qu'elle doit servir à poser les fondements de toute la démarche de marketing territorial. Les décisions stratégiques et structurantes seront prises lors de cette phase et la partie aval, opérationnelle, du marketing territorial ne pourra connaître de résultats satisfaisants si toutes les étapes antérieures n'ont pas été menées correctement. L'importance de cette phase dans la réussite de démarche marketing territorial est évoqué aussi par Noisette et Vallérugo²⁷, « *de même qu'on ne saurait élaborer une offre quelle*

²⁵ *Un tout, cohérent et construit ; ce qui signifie qu'il développe sa propre identité, sa propre histoire, sa propre dynamique différenciée des autres espaces, une certaine autonomisation et une auto-organisation en résultat* » Chamard,(2014) ; Leloup, Moyart et Pecqueur, (2005)

²⁶ Noisette et Vallérugo, 2010

²⁷ dans leur ouvrage, 2010 « *un monde de ville , le marketing des territoires durables* », p.141

qu'elle soit, de produit ou de service, sans effectuer un diagnostic préalable des marchés et des attentes des consommateurs potentiels, les territoires doivent comprendre qui ils sont, dans quel environnement il se situent et à qui ils s'adressent pour définir et mettre en œuvre des stratégies capables d'attirer et de fidéliser les investissements, les entreprises et les personnes ».

• La phase aval du marketing territorial

Cette phase de la démarche marketing territorial a pour vocation de sortir le territoire de la logique de l'offre pour s'intéresser à la demande. C'est l'adaptation de l'offre à la demande (aux investisseurs). Dans ce sens, une offre territoriale différenciée et adaptée, une communication professionnalisée et ciblée et une marque territoriale fédératrice des efforts de toutes les parties prenantes influencent directement et positivement la décision d'implantation :

- La politique de l'offre territoriale demeure un levier incontournable pour assurer le développement de l'attractivité des investissements, dans la mesure où elle répond à un ensemble d'attentes et de besoins des investisseurs en quête d'implantation. D'après Ernst and Young, l'offre territoriale est constituée par un ensemble de caractéristiques socio-économiques d'un territoire ayant un impact plus ou moins direct sur l'accueil et le maintien des activités économiques. Il nous paraît important pour les régions et villes de développer une politique de l'offre territoriale différenciée et adaptée pour attirer plus d'investisseurs.
- Pour faire savoir, rendre compte et faire valoir l'offre territoriale à la cible, le territoire devrait revenir aux médias. La communication territoriale permet de développer la notoriété et attirer des nouveaux investisseurs et des nouvelles entreprises.
- La marque territoriale permet de rassembler les acteurs publiques et privée autour d'un projet d'attractivité. Elle permet de changer ou d'affirmer les perceptions d'image d'une destination pour renforcer son attractivité.

En effet, nous supposons que les moyens d'actions du marketing territorial opérationnel – la politique d'offre, la communication et la marque territoriale en particulier - visant les investisseurs et les entreprises influencent leurs décisions d'implantation.

Les éléments du marketing territorial opérationnel influencent directement et positivement le choix final de localisation des entreprises et des investisseurs

Cette phase constitue la mise en pratique de la phase amont. Autrement dit, si les décideurs ont mis en place une stratégie d'attractivité, cette phase le fera savoir à l'ensemble des publics concernés, de près ou de loin.

4.3 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE MODÈLE CONCEPTUEL

La recherche des principaux éléments préparatifs de la mise en place d'une démarche de marketing territorial nous a amenée à déterminer plusieurs variables, qui peuvent servir la réussite de la démarche marketing territorial dans le développement et le renforcement de l'attractivité des investissements:

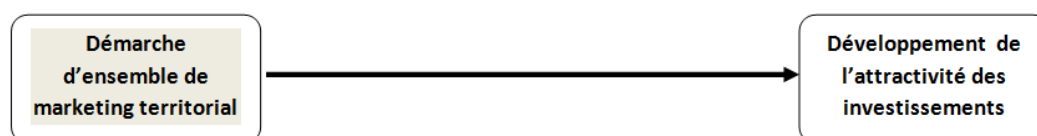


Figure 3 : l'influence positive de la démarche marketing territorial sur l'attractivité des investissements

A partir de la littérature sur le marketing territorial²⁸, le management public et le management territorial. Ainsi qu'une analyse des données secondaires relatives aux pratiques et expériences réussies (dans le marketing territorial), nous avons constaté qu'il existe un consensus sur la relation entre les éléments efficaces du marketing territorial et leur influence sur l'attractivité des investissements.

²⁸ Laurence Texier, Jean-Paul Flipo, Vincent Gollain, Camille Chamard, Joël Gayet, Christophe Alaux, Maeva Chanoux, Elisabeth Le Masson, Benoît Meyronin, Daniel Sperling, Fabrice Hatem, Proulx Marc-Urbain....

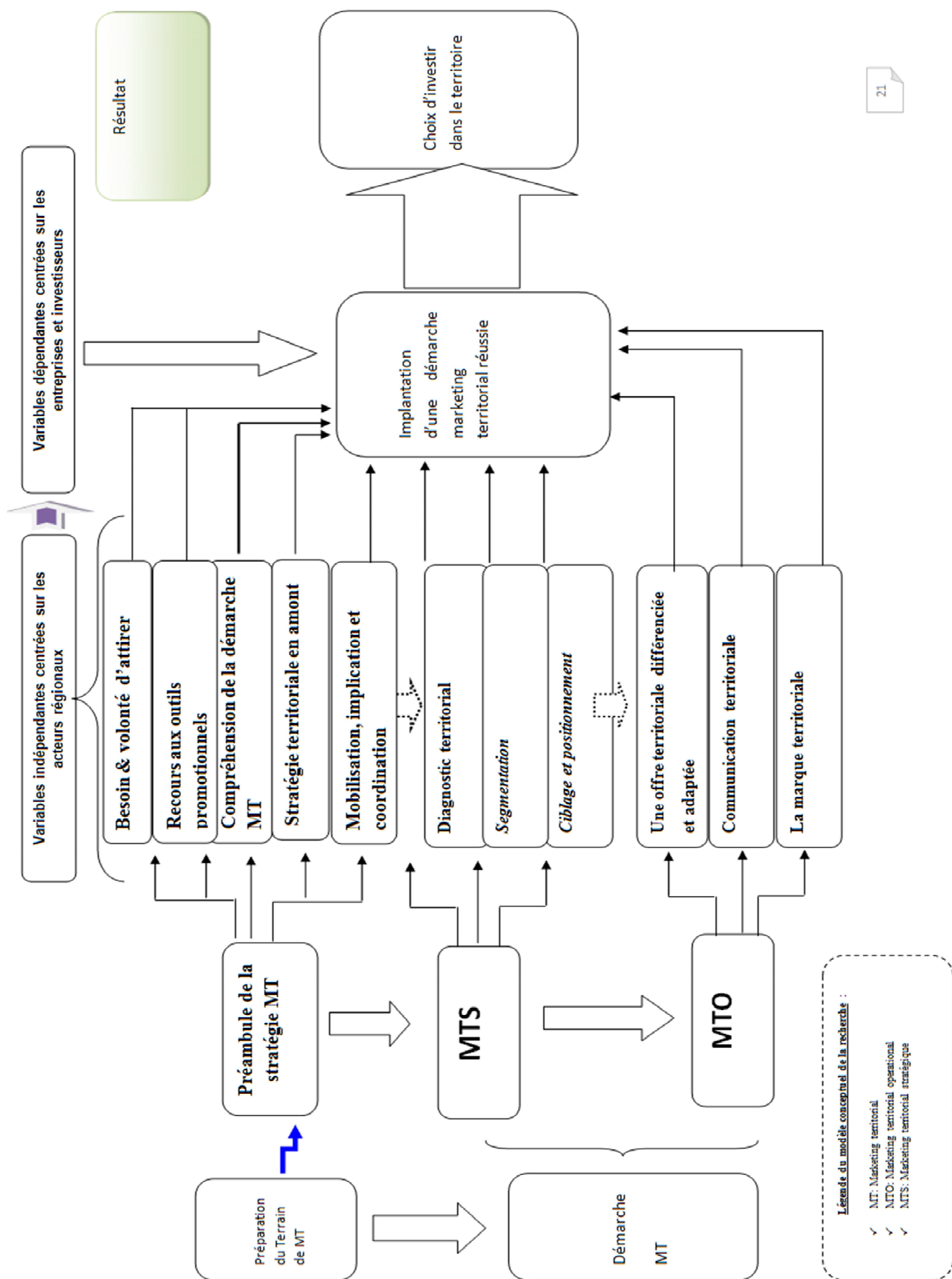


Figure 4: le modèle conceptuel de la recherche

Ce modèle est élaboré sur la base d'une revue de littérature en marketing (la démarche de marketing classique) en marketing territoriale (la transposition des outils du marketing classique à l'échelon territorial) en développement territorial (théories de localisation). Notre approche est de proposer les principales étapes de toute la démarche marketing territoriale. Chaque étape comprend plusieurs variables impactant directement ou indirectement l'attractivité des investissements. Cette attractivité est la variable à expliquer (ou variable dépendante) par le recours aux outils efficaces du marketing territorial, variable explicative (ou indépendante).

Le fonctionnement cette démarche, ou du modèle conceptuel, s'inscrit dans une approche systémique dans la mesure où il peut être vu comme un ensemble d'éléments reliés par un ensemble de relations suivant un objectif commun.

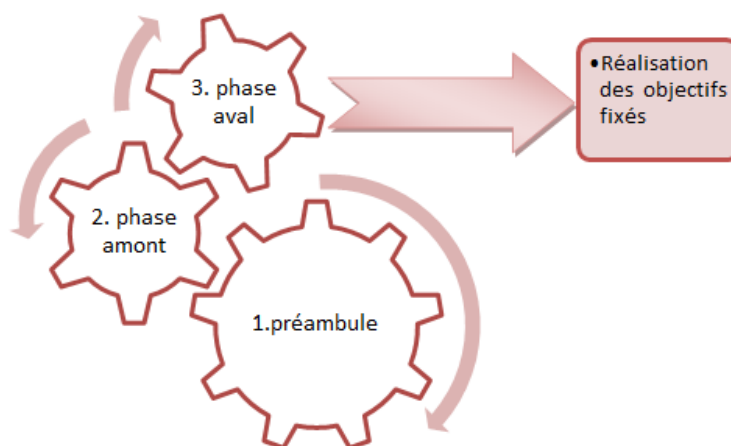


Figure 5 : approche systémique de la démarche de marketing territorial

Ces interactions permettent d'échanger et de transférer des informations et des données capitales à la réalisation des objectifs tracés par le territoire. En effet, sans mobilisation des acteurs, sans compréhension de l'approche de marketing territorial... il est difficile de parler d'une démarche marketing territoriale. Ainsi, le diagnostic territorial est une étape préalable à la segmentation, le ciblage précède le positionnement, la phase de préambule est nécessaire pour commencer les réflexions stratégiques, la phase de marketing territorial opérationnel ne peut être commencée sans que les deux premières soient achevées, etc.

Au bout de cette étape de recherche, le modèle conceptuel demeure encore provisoire. Il aura besoin, dans un premier temps, d'une contextualisation au travers d'une étude exploratoire pour confronter ses principales hypothèses au terrain. Dans un second temps, le modèle conceptuel contextualisé sera testé empiriquement.

5 CONCLUSION

Enfin, comme nous l'avons suggéré à plusieurs reprises mais sans approfondir ce point, l'attractivité des territoires est une pièce maîtresse dans les projets territoriaux. Elle peut être renforcée par le recours à plusieurs stratégies et politiques comme les incitations fiscales, l'offre foncière... Cependant, le contexte concurrentiel amène et oblige les régions à construire des avantages concurrentiels – appelé en marketing, selon Kotler, « la recherche de l'USP (Unique Selling Proposal) »-. Cette logique concurrentielle typique aux territoires, caractérisée par le terme d'attractivité, peut être gérée par les acteurs territoriaux en s'appropriant les outils du marketing territorial.

Le renforcement de l'attractivité par le recours au marketing territorial est désormais un enjeu majeur pour les collectivités territoriales. Ces outils permettent au territoire de se démarquer dans le but de retenir et d'attirer des activités créatrices de valeur pour le territoire.

Pour conclure, cet article permet, au travers du modèle conceptuel proposé, de mieux comprendre les variables aidant à la mise en application d'une démarche de marketing territorial réussie. Et par voie de conséquence, l'efficacité de cette démarche dans le renforcement de l'attractivité des investissements.

En particulier, nous avons analysé les principales théories et travaux qui abordent l'efficacité des outils du marketing territorial dans le renforcement de l'attractivité des investissements. Cependant, les relations de ce modèle nécessitent d'être validées et vérifiées empiriquement afin d'identifier celles qui ont le plus d'importance sur l'implantation des investissements dans le territoire. Pour cela, dans un premier temps, une étude qualitative exploratoire auprès des acteurs

de la région doit être menée. Et dans un deuxième temps, une étude quantitative confirmatoire auprès de la cible doit venir confirmer et valider les résultats de l'étude qualitative exploratoire.

REFERENCES

- [1] A. EL KHAZZAR & H. ECHATTABI, "The practices of territorial marketing in the Moroccan context: reflections elements", 1 May 2016, pp. 183-196
- [2] A. Musson, 2010 « Revue de littérature sur les indicateurs d'attractivité et de développement durable : Vers un indicateur d'attractivité durable », *Géographie, économie, société*, p. 181-223.
- [3] B. Cœuré (B.) et I. Rabaud (2003) : « Attractivité de la France : analyse, perception et mesure », *Économie et Statistique* n° 363-364-365
- [4] B. MEYRONIN, « le marketing territorial », Paris, Vuibert, 2012. 3^e édition.
- [5] C. CHAMARD (2014), le marketing territorial : comment développer l'attractivité et l'hospitalité des territoires ? Bruxelles, de Boeck, 2014. 1^{re} éditions
- [6] D.PORTE, 1988, « la communication des villes, Paris : Milan Midia.
- [7] F. HATEM (2004 a), « Attractivité : de quoi parlons nous ? », *Pouvoirs Locaux*, n°61 II/2004.
- [8] F.HATEM, « le marketing territorial, Principes, méthodes et pratiques, Edition EMS Management et société. 2007.
- [9] G.-F. Dumont, Villes et Territoires en compétition, *Économie Urbaine*, Editions Litec, Paris, 1993, p. 197.
- [10] Hadjila Krifa-Schneider, Nicolas Bauduin, 2007, " Dynamique et déterminants des IDE en Russie ", *Innovations* (No 26), p. 155-175
- [11] Jacques Poirot, Hubert Gérardin, 2010, « L'attractivité des territoires : un concept multidimensionnel », *Mondes en développement* (n° 149), p. 27-41.
- [12] J.P Flipo et Texier L. (1992), Marketing territorial : de la pratique à la théorie, *Revue française de Marketing*, n°136, 41-52.
- [13] L. Texier et Valla J.P. (1992), Le Marketing Territorial et ses enjeux, *Revue Française de Gestion*, Janvier/Février, 45-55.
- [14] L.TEXIER, 1993, Peut-on parler de marketing territorial?, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1, 141-160.
- [15] L. Texier (1999), Une clarification de l'offre d'implantation en marketing territorial : produit de ville et offre de territoire, *Revue d'économie régionale et urbaine*, 5, p. 1021-1036.
- [16] M. Chanoux & O. Keramidas, « *Vers une compréhension de l'évolution du marketing territorial vers le branding territorial : Le cas d'Only Lyon* », s.d
- [17] M. PASQUIER et N. YERSIN (2009), L'image de la Suisse à l'étranger, Institut des Hautes Etudes en Administration Publique, Lausanne, pp88.
- [18] Nathalie Fabry, 2009, « Clusters de tourisme, compétitivité des acteurs et attractivité des territoires », *Revue internationale d'intelligence économique* 2009, p. 55-66.
- [19] P.KOTLER ET D. GERTNER (2002), Country as brand, product and beyond : a place marketing and brand management perspective, *Journal of Brand Management*, 9, 4-5, 249-261.
- [20] Thiétart R.A. et coll., *Méthodes de Recherche en Management*, Paris : Dunod, 2007. P.553
- [21] V.Gollain, 2014. « Réussir sa démarche de marketing territorial : méthode, techniques et bonnes pratiques ».
- [22] V. GOLLAIN, « identifier et valoriser ses avantages comparatifs territoriaux avec la méthode CERISE REVAIT® » 6^{ème} Version, avril 2015.
- [23] V. GOLLAIN, « les 9 commandements pour lancer une stratégie réussie de marketing territorial », Aout 2016.

Evaluation de l'activité antibactérienne des feuilles de *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) sur la croissance *in-vitro* de souches d'entérobactéries productrices de beta-lactamases à spectre élargi (EBLSE) et tri phytochimique

[Evaluation of the antibacterial activity of leaves *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) on the in vitro growth of producing Enterobacteriaceae of beta-lactamases at extended spectrum (ESBL) strains and phytochemical screening]

KOUADIO N'guessan Jules¹⁻²⁻³, KONE Mamidou Witabouna¹⁻³, GUESSENND Nathalie Kouadio², KONAN K. Fernique², MOUSSA Bamba¹⁻², YAO KONAN¹, ALLAGBA-ATSAIN Marie Rosine¹, TRA-BI Fezan Honora¹, BAKAYOKO Adama¹, and DOSSO Mireille²

¹UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua (UNA), Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Bactériologie- Virologie, Institut Pasteur, Côte d'Ivoire

³Centre Suisse de Recherches Scientifiques, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 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 bacteria producing beta-lactamases extended spectrum are the leading cause of treatment failure observed in the treatment of bacterial infections. This study aims to evaluate the antibacterial effects of extracts hexanical, 70% methanol and aqueous leaf *Spondias mombin* (Desr.) A. Juss. (Anacardiaceae) on six clinical isolates of Enterobacteriaceae producing beta-lactamases with extended spectrum (ESBL) and a reference strain. The study of the antibacterial activity of the extracts was performed by the medium diffusion method and agar dilution Mueller-Hinton. For phytochemical screening extracts, chromatographic characterization method thin layer was used. It emerged from this study that the aqueous and hydro-alcoholic extracts are active. They are bactericidal for the majority of tested strains with MICs ranging from 0.39 to 1.56 mg / mg for the 70% methanol extract and 0,39 to 3.125 mg / ml for the aqueous extract. The phytochemical screening revealed a wealth of secondary metabolites such as saponins, tannins, flavonoids, sesquiterpenes, polyphenols, coumarins may be beneficial in the treatment of many diseases in Enterobacteriaceae.

KEYWORDS: antibacterial activity, *Spondias mombin*, bactericidal, bacteriostatic.

RÉSUMÉ: Les bactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi sont la première cause des échecs thérapeutiques observés dans le traitement des infections bactériennes. Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets antibactériens des extraits hexanique, méthanolique 70% et aqueux de feuilles de *Spondias mombin* (Desr.) A. Juss. (Anacardiaceae) sur six souches cliniques d'entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi (EBLSE) et une souche de référence. L'étude de l'activité antibactérienne des extraits a été réalisée par la méthode de diffusion et de dilution en milieu gélosé Muller-Hinton. Pour le criblage phytochimique des extraits, la méthode de caractérisation par chromatographie sur couche mince a été utilisée. Il est ressorti de cette étude que les extraits aqueux et hydro-alcooliques sont actifs. Ils sont bactéricides sur la majorité des souches testées avec des CMI allant de 0,39 à 1,56 mg/mg pour l'extrait méthanolique 70% et de 0,39 à 3,125 mg/ml pour l'extrait aqueux. Le criblage phytochimique a mis en évidence une richesse en métabolites secondaires tels que les saponosides, les tanins, les flavonoïdes, les sesquiterpènes, les polyphénols, les coumarines pouvant être bénéfiques dans la prise en charge de nombreuses pathologies à entérobactéries.

MOTS-CLEFS: activité antibactérienne, *Spondias mombin*, bactéricide, bactériostatique

1 INTRODUCTION

Les maladies infectieuses sont responsables de 1/3 de la mortalité mondiale et de 45% des décès dans les pays en développement [1]. En Côte d'Ivoire, ce taux se situe entre 50 et 60% [2]. Environ 70% des décès causés par les microorganismes sont dus aux bactéries [2]. Parmi les bactéries les plus fréquemment mises en cause, se trouvent les entérobactéries. Elles sont largement citées aussi bien dans les infections communautaires que nosocomiales. Pour traiter ces infections aux entérobactéries, les cliniciens ont recours aux beta-lactamines, notamment, les pénicillines, les céphalosporines à large spectre et les carbapénèmes (imipénème, meropenème, ertapénème), ou encore les fluoroquinolones (ciprofloxacine, pefloxacine, norfloxacine) [3]. Cependant, l'usage incontrôlé et souvent abusif de ces antibiotiques, provoque une résistance de plus en plus accrue des germes vis-à-vis de ces molécules. Ainsi, la résistance des *E. coli* aux céphalosporines de troisième génération (C3G) est comprise entre 1 et 5% en France, en Allemagne, en Pologne et en Suède, entre 5 et 10% dans les pays comme l'Espagne, l'Italie et le Royaume-Uni, et entre 25 à 50% en Turquie et en Roumanie [4]. L'Afrique n'échappe pas à ce fléau planétaire avec un taux de 10,5% en Afrique du Sud [5], 12 % au Cameroun, et 38,5 % en Egypte [5], [6]). En Côte d'Ivoire, selon les travaux de [7], la fréquence des entérobactéries productrices de beta-lactamase à spectre élargi (EBLSE) qui était de 5,3 % en 2005 est passée à 16,8 % en 2009. Cette évolution rapide de la fréquence des EBLSE pose un véritable problème santé publique surtout que ces germes sont responsables de plusieurs pathologies telles que diarrhées, infections urinaires, suppurations, plaies chroniques et autres. Face à cette menace, la recherche de nouvelles molécules est devenue une nécessité aujourd'hui pour le monde scientifique. Dans cette quête, les plantes médicinales demeurent le principal réservoir qui est utilisé par plus de 80% des populations des pays en développement pour leurs soins de santé. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif d'évaluer l'activité antibactérienne des feuilles de *Spondias mombin* sur des entérobactéries productrices de beta-lactamase à spectre élargi suivi d'un criblage phytochimique. *Spondias mombin* est une plante à la famille des Anacardiaceae. Elle est largement utilisée dans la pharmacopée africaine pour traiter des maladies à entérobactéries notamment la diarrhée, les infections urinaires, l'Ulcère de Buruli, les plaies chroniques [8].

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 SOUCHES BACTÉRIENNES

Les souches ont été fournies par l'Unité des Antibiotiques, des Substances Naturelles et de la Surveillance des Microorganismes aux Anti-Infectieux (ASSURMI) du Département de Bactériologie et Virologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI). Ce sont six souches cliniques d'entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi et une souche de référence *E. coli* ATCC 25922 (Tableau 1).

2.2 PRÉPARATION DES EXTRAITS DE PLANTES

Les extraits de plantes ont été obtenus à partir des feuilles des *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae). Ils ont été préparés par la méthode décrite par [9] en utilisant l'hexane, le méthanol 70% et l'eau distillée. Dans 1 L d'hexane, 125g de poudre végétale ont été macérés pendant 24 h. Les filtrats obtenus ont été évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C puis séchés sous la hotte pour obtenir l'extrait hexanique. Le marc résiduel a été séché sur du papier buvard et pesé puis introduit dans 1L de méthanol 70%. Après 24 h de macération, le filtrat a été évaporé au rotavapor pour éliminer l'alcool puis séché à l'étuve à 50 °C pour donner l'extrait méthanolique 70%. Quant à l'extrait aqueux, il a été obtenu par macération de 125 g de poudre végétale dans 1 L d'eau distillée pendant 24 h. Le filtrat obtenu a été séché à 50 °C à l'étuve. Ces extraits ont été conservés au réfrigérateur à 4 °C.

2.3 ETUDE ANTIBACTÉRIENNE

2.3.1 PRÉPARATION D'INOCULUM POUR LES TESTS EN MILIEU SOLIDE

L'inoculum a été préparé à partir de deux colonies jeunes de 24 h. Elles ont été émulsionnées dans 2 ml de suspension NaCl 85%. Ensuite, la densité optique a été ajustée à 0,5 Mac Farland à l'aide d'un densimat. Un volume de 100 µl de cette suspension a été délayé dans 10 ml d'eau physiologique (0,9% de NaCl).

Tableau 1 : liste des souches étudiées

Bactéries	Codes	Origines	Phénotypes de résistance
Souches cliniques			
<i>Escherichia coli</i>	478C/14	Urine	BLSE ; RCFQ
<i>Escherichia coli</i>	533C/14	Urine	BLSE ; RCFQ
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	421C/14	Urine	BLSE ; RCFQ
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	486Y/14	Bout de sonde	BLSE ; RCFQ
<i>Citrobacter koseri</i>	242C/14	Aspiration bronchique	BLSE ; RCFQ ; KTG
<i>Citrobacter koseri</i>	608C/14	Urine	BLE213 ; RCFQ
Souches de référence			
<i>Escherichia coli</i>	ATCC25922	Sensible	

BLSE: Beta-lactamases à spectre élargi ; RCFQ: Résistance croisée aux fluoroquinolones ;

BLE213: Cephalosporinase plamidique probable ; KTG: Kanamycine, Gentamycine, tobramycine

2.3.2 TESTS DE SENSIBILITÉ

Ces tests ont été réalisés par la méthode de diffusion en milieu solide utilisée par [10]. Pour le faire, une solution de concentration 100 mg/ml d'extrait a été préparée. Des boîtes de Pétri contenant de la gélose Muller-Hinton ont été ensemencées par inondation avec l'inoculum préparé. Ensuite, des cupules de 6 mm de diamètre ont été creusées en enfonçant le gros bout d'une pipette Pasteur dans la gélose. Ces cupules ont été ensuite remplies avec 50 µl de la solution d'extraits. L'ensemble a été incubé à 37 °C pendant 24 h. Après ce délai, le diamètre d'inhibition autour de chaque cupule a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse. L'appréciation de la sensibilité des souches bactériennes aux extraits a été faite selon le critère de [11]. Ainsi, une bactérie est dite résistante si le diamètre d'inhibition est inférieur ou égal à 8 mm. A l'inverse, elle est dite sensible si le diamètre est compris entre 9 et 14 mm et très sensible lorsque le diamètre est compris entre 15 et 19 mm puis extrêmement sensible si le diamètre est supérieur ou égal à 20 mm.

2.3.3 PRÉPARATION DE L'INOCULUM POUR LES TESTS EN MILIEU LIQUIDE

Deux colonies bactériennes de 24 h ont été prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur munie d'une poire et émulsionnées dans un tube à essai contenant 10 ml de bouillon Muller-Hinton stérile. Le mélange a été incubé à 37 °C pendant 3 h. Après cette incubation, 0,3 ml de cette pré-culture a été prélevée et dilué dans 10 ml de bouillon Müller-Hinton stérile puis homogénéisé.

2.3.4 PRÉPARATION DE LA GAMME DE CONCENTRATION

Une solution de concentration à 50 mg/ml des extraits retenus pour la détermination des paramètres antibactériens a été préparée. Une série de dilutions a été effectuée à partir de cette solution afin d'obtenir, des gammes de concentrations allant de 50 à 0,097 mg/ml.

2.3.5 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES ANTIBACTÉRIENS

La détermination des paramètres antibactériens a été réalisée par la dilution en milieu liquide selon la méthode utilisée par [12]. Ainsi, dans 10 tubes à hémolyse expérimentaux, 1 ml de chaque gamme de concentration d'extrait de plante, a été mis en contact avec 1 ml d'inoculum bactérien. Le tube témoin de croissance a reçu 1 ml d'eau distillée stérile en plus de l'inoculum alors que le témoin de stérilité n'a reçu que du Bouillon Muller-Hinton (BMH) stérile. Les tubes ont été incubés pendant 24h à 37 °C. Après ce temps d'incubation, une observation à l'œil nu a été effectuée et la plus faible concentration pour laquelle aucune croissance bactérienne n'a été observée correspond à la Concentration Minimale inhibitrice (CMI) (Figure 2a). Quant à la Concentration minimale Bactéricide (CMB), elle désigne la concentration d'une substance permettant d'obtenir, après 24 h d'incubation à 37°C, 0,01% de bactéries viables. Sa détermination a commencé par la numération. Celle-ci a consisté à diluer l'inoculum de départ de 10^{-1} à 10^{-4} et à ensemencer ces différentes dilutions à l'aide d'une anse calibrée de 2 µl en stries de 5 cm de long, sur une Gélose Muller-Hinton (GMH) puis incubé pendant 24 h. Ces boîtes de Pétri ont été nommées A. Après la lecture des CMI, le contenu des tubes dans lesquels il n'y a pas eu de croissance visible a été ensemencé sur la gélose Muller-Hinton sur des stries de 5 cm. Cette série de boîtes de Pétri a été nommée B. La CMB a été déterminée en comparant à l'œil nu la croissance bactérienne des boîtes A et B (Figure 2b). Ainsi, la plus petite concentration

du tube qui a moins de 0,01% de bactéries viables par rapport à l'inoculum initial est la CMB. Le rapport CMB/CMI a permis de préciser le pouvoir antibactérien des extraits [13]. Si le rapport CMB/CMI est inférieur ou égal à deux, la substance est dite bactéricide. Par contre, s'il est supérieur à deux, la substance est dite bactériostatique.

2.4 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

La mise en évidence des grands groupes de composés chimiques dans les extraits s'est faite par chromatographie sur couche mince (CCM) et observé dans le visible ou à une longueur d'onde de 254 nm ou de 366 nm. Le criblage phytochimique a été réalisé sur les extraits actifs c'est-à-dire les extraits méthanolique 70% et aqueux. Pour le faire, 10 µg d'extraits ont été dissouts dans 1 ml de méthanol absolu pour obtenir une solution d'une concentration de 10 µg/ml. Une quantité de 10 µl de cette solution a été déposée en spot sur une plaque de silicagel F254 (phase stationnaire) à l'aide de tube micropillaire. Les chromatogrammes ont été développés dans des cuves préalablement saturées d'éluant ou phase mobile Chloroforme-Méthanol-Eau (60: 35 : 5 v/v/v). A la fin de la migration, les chromatogrammes ont été séchés puis observés avant et après révélation soit dans le visible ou sous une lampe U.V. Les rapports frontaux (Rf) des différentes tâches observées sont calculés selon la formule suivante :

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par le composé}}{\text{Distance parcourue par le solvant}}$$

2.4.1 MISE EN ÉVIDENCE DES TERPÉNOÏDES ET SAPONOSIDES

Ces composés sont mis en évidence avec le réactif de Godin. Après pulvérisation de la plaque au réactif de Godin suivi du chauffage à 100 °C pendant 10 min, diverses colorations sont observées. Dans le visible, l'observation des taches violettes, bleues et rouge indique la présence des monoterpènes.

Après chauffage de la plaque révélée avec l'hydroxyde de potassium, par exemple les terpènes sont indiqués en violet et les saponines en bleu.

2.4.2 MISE EN ÉVIDENCE DES ALCALOÏDES

Après pulvérisation au réactif de Dragendorff et chauffage du chromatogramme à 100 °C pendant 10 min, les alcaloïdes apparaissent sous forme de taches orangées dans le visible.

2.4.3 MISE EN ÉVIDENCE DES POLYPHÉNOLS

Après pulvérisation du chromatogramme par le réactif de Folin-Ciocalteu 10%, puis chauffage à 100 °C pendant 10 min, les taches bleues observées dans le visible attestent la présence des polyphénols.

2.4.4 MISE EN ÉVIDENCE DES FLAVONOÏDES ET LACTONES SESQUITERPÉNIQUES

Après pulvérisation du chromatogramme avec du chlorure d'aluminium à 5% (m/v) et chauffage, la présence de flavonoïdes est indiquée par les taches jaunes observables dans le visible ou sous UV à 366 nm. A l'UV 366 nm, l'observation de fluorescence jaune ou orange en présence du réactif de Godin indique la présence de flavonoïdes. Quant aux lactones sesquiterpéniques, elles sont indiquées par des fluorescences de diverses couleurs à 366 nm.

2.4.5 MISE EN ÉVIDENCE DES COUMARINES

L'acétate de plomb basique à 5% (m/v) a été pulvérisé sur le chromatogramme. Les spots de colorations vertes et bleues sous UV à 366 nm indiquent la présence des coumarines.

2.4.6 MISE EN ÉVIDENCE DES TANINS

L'apparition de taches de diverses couleurs (bleues, vertes, noires), observables dans le visible, après pulvérisation du chromatogramme par une solution de chlorure ferrique à 10%, montre la présence de tanins.

2.4.7 MISE EN ÉVIDENCE DES ANTHRAQUINONES ET ANTHRONES

Une solution éthanolique de l'hydroxyde de potassium à 5% a été giclée sur le chromatogramme. Les taches rouges observables dans le visible et à 366 nm confirment la présence des anthraquinones. Les anthrones par contre sont visibles à 366 nm sous forme de taches jaunes.

2.5 ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

L'analyse statistique a été faite à partir de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) à l'aide du logiciel Statistica 8. Cette analyse a permis de comparer l'activité des extraits hexanique, aqueux, et méthanolique 70 % des feuilles de *Spondias mombin* sur chaque souche d'entérobactéries étudiée. Elle a aussi permis de comparer l'activité des extraits et celle des témoins (eau distillée et ceftriazone). Il a été procédé d'abord à la vérification de l'égalité des variances à l'aide du test de Bartlett. Lorsqu'une différence significative est observée entre les activités pour une souche bactérienne, l'ANOVA a été complétée par des comparaisons multiples en effectuant le test de Turkey. Ce test permet d'identifier le ou les traitement(s) qui diffère(nt) significativement des autres. La plus petite différence significative entre les activités a été fixée à $P \leq 0,05$ [14].

3 RESULTATS

3.1 RENDEMENT

L'extrait brut aqueux a donné le meilleur rendement qui est de 3 %. Pour les partitions, le plus fort rendement est de 40,8 %. Il est obtenu avec le résidu aqueux (Tableau 2).

Tableau 2 : Rendement des extraits de feuilles de *Spondias mombin*

Extraits et partitions	Poudre végétale(g)	Extraits (g)	Rendement (%)
Extrait hexanique	125	3,75	3,00
Extrait méthanolique 70%	113	7,55	6,68
Extrait aqueux	125	8,47	6,77

g : grammes

3.2 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE

Les extraits hydroalcoolique et aqueux sont actifs sur toutes les souches étudiées. Les diamètres d'inhibition sont compris entre $12,33 \pm 1,15$ et $14,33 \pm 1,15$ mm pour l'extrait méthanolique 70% et entre $10,66 \pm 1,15$ et $12,66 \pm 1,15$ mm pour l'extrait aqueux (Tableau 2). A l'inverse, l'extrait hexanique n'a aucune activité (Figure 2). Les concentrations minimales inhibitrices et les concentrations minimales bactéricides déterminées ont montré que l'extrait méthanolique 70 % est bactéricide sur 100% des souches avec des CMI comprise entre 0,39 et 1,56 mg/ml (Tableau 3) alors que les CMB vont de 0,78 à 3,125 mg/ml (Tableau 3). Quant à l'extrait aqueux, il est bactéricide sur 57,15% des souches avec des CMI comprises entre 0,39 et 3,125 mg/ml alors que les CMB évoluent de 1,56 à 12,5 mg/ml (Tableau 3). La figure 3 est une illustration de la détermination des paramètres antibactériens sur la souche de *Klebsiella pneumoniae* 421C/14: CMI (Figure 3a) et la CMB (Figure 3b)

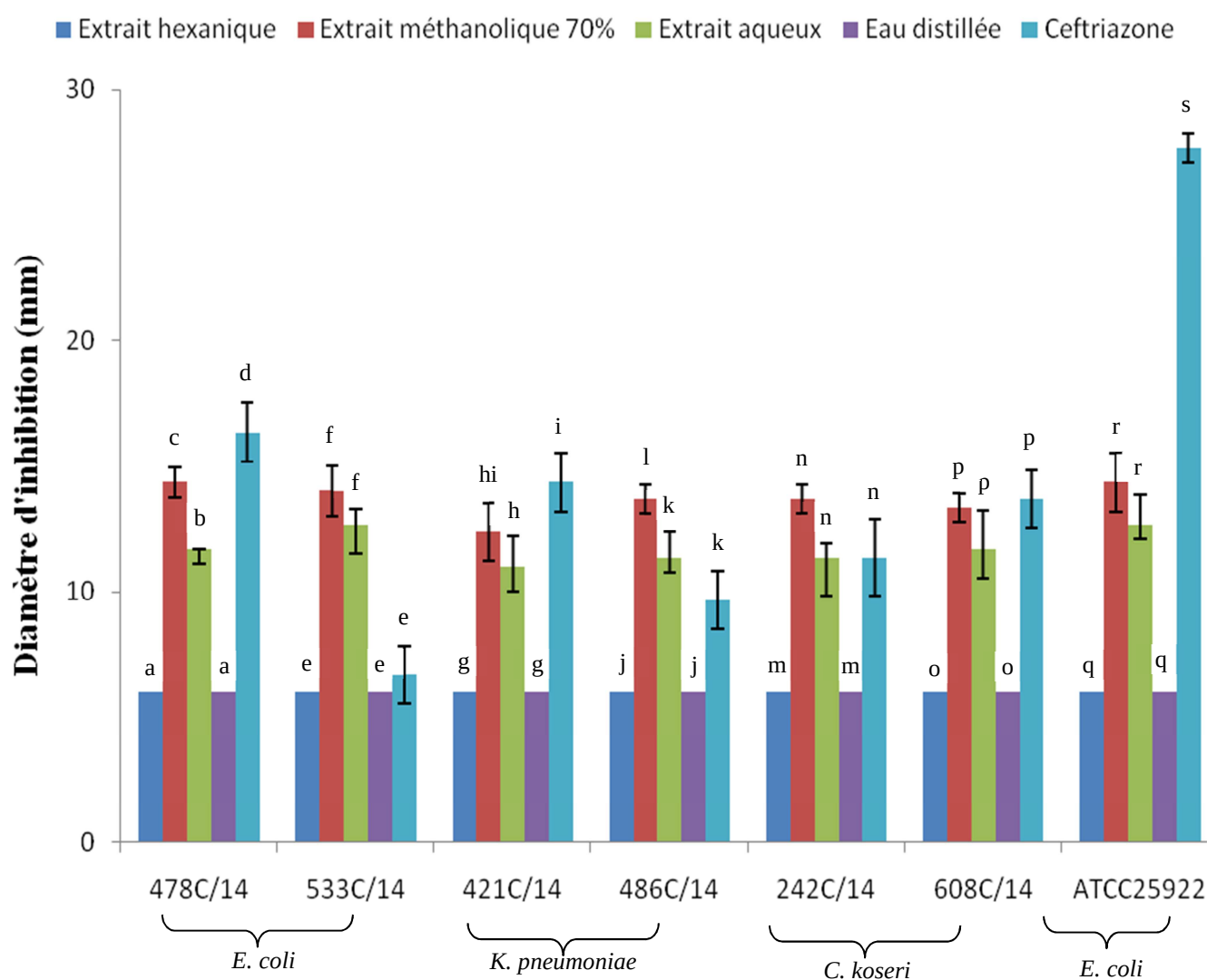


Figure 1: Activité des extraits de *Spondias mombin* (moyenne $\pm$ SD) sur les souches d'entérobactérie.

Les barres avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de $\alpha = 5$ %.

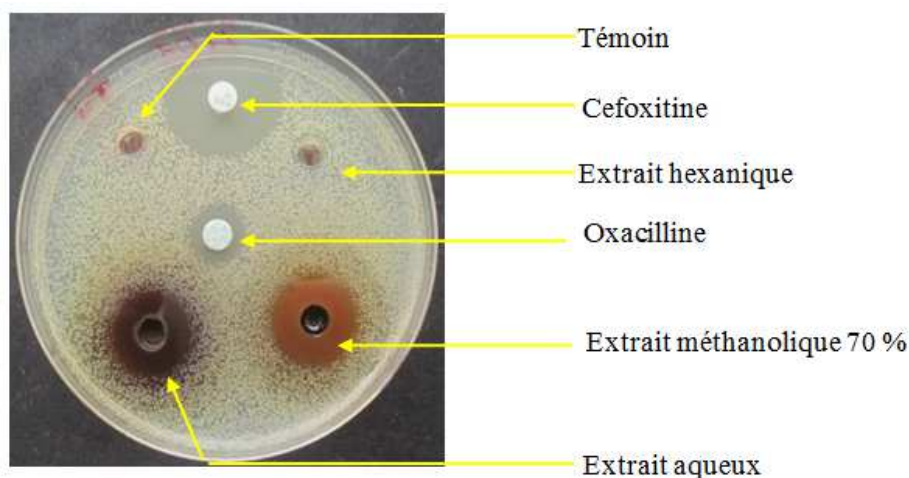


Figure 2 : Activité des extraits *Spondias mombin* sur la souche 1000C/14

Tableau 3: CMI et CMB des extraits bruts

Bactéries	Extrait méthanol 70% (mg/ml)				Extrait aqueux (mg/ml)			
	CMI	CMB	$\frac{CMB}{CMI}$	pouvoir	CMI	CMB	$\frac{CMB}{CMI}$	Pouvoir
<i>E. coli</i> 478C/14	0,39	0,78	2	Bactéricide	0,78	1,56	2	Bactéricide
<i>E. coli</i> 533C/14	0,78	1,56	2	Bactéricide	0,39	1,56	4	Bactériostatique
<i>K. pneumoniae</i> 421C/14	0,78	1,56	2	Bactéricide	1,56	3,125	2	Bactéricide
<i>K. pneumoniae</i> 486Y/14	0,78	1,56	2	Bactéricide	1,56	3,125	2	Bactéricide
<i>C. koseri</i> 242C/14	0,78	1,56	2	Bactéricide	1,56	3,125	2	Bactéricide
<i>C. koseri</i> 608C/14	1,56	3,125	2	Bactéricide	3,125	12,5	4	Bactériostatique
<i>E. coli</i> ATCC25922	0,39	0,78	2	Bactéricide	0,39	1,56	4	Bactériostatique

CMI : Concentration minimale inhibitrice; CMB: Concentration minimale bactéricide;

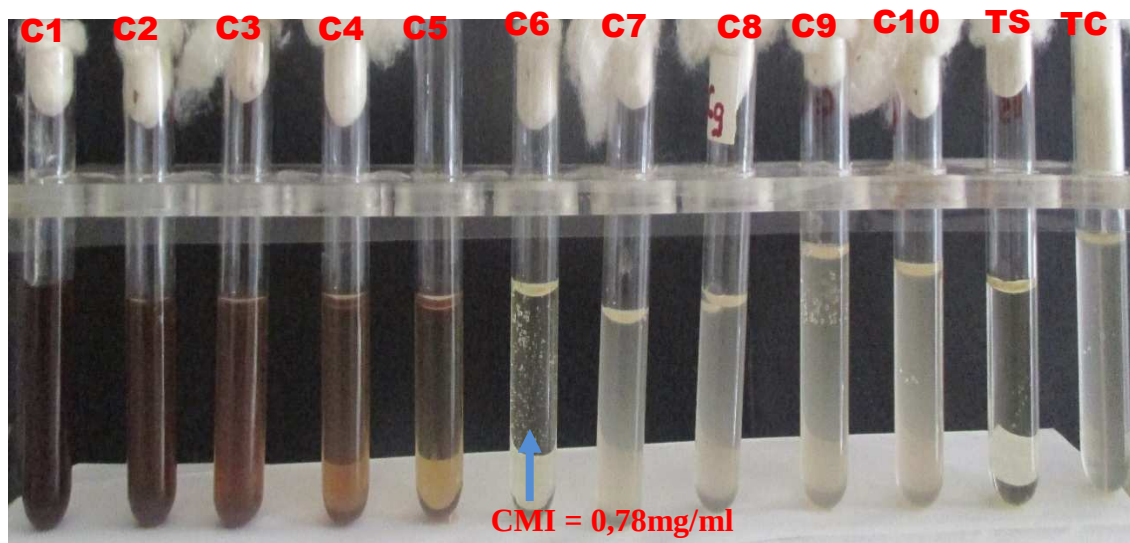


Figure 3a: Détermination de la CMI de l'extrait méthanolique 70% sur *K. pneumoniae* 421C/14

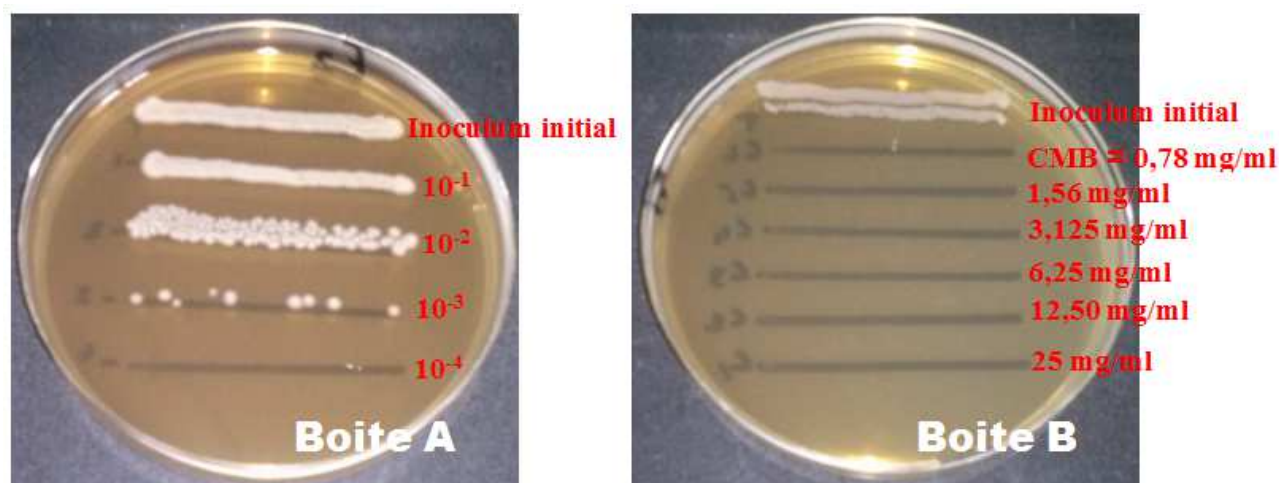


Figure 3b : Détermination de la CMB de l'extrait méthanolique 70% sur *K. pneumoniae* 421C/14

Figure 3 : Détermination des paramètres antibactériens

Tableau 4 : Composés chimiques mis en évidences dans les feuilles de *Spondias mombin*

Composés chimiques	Extrait méthanolique 70%	Extrait aqueux
Saponosides	+	+
Tanins	+	+
Coumarines	+	+
Alcaloïdes	--	--
Flavonoïdes	+	+
Terpènes	+	+
Lactones sesquiterpéniques	+	+
Polyphénols	+	+
Anthrones	+	+

-- : Absence ; +: Présence

4 DISCUSSION

L'étude avait pour objectif d'évaluer l'activité des extraits hexanique, méthanolique 70% et aqueux des feuilles de *Spondias mombin* sur des souches d'entérobactéries productrices de bêta-lactamase à spectre élargi (EBLSE). La détermination du rendement des extraits a montré que l'extrait aqueux a le rendement le plus élevé (6,77%). Le meilleur rendement de l'extraction aqueuse pourrait justifier en partie la préférence de l'eau comme solvant de préparation en médecine traditionnelle [11].

Cette étude a montré que les extraits aqueux et hydroalcooliques sont actifs sur les bactéries étudiées. A l'inverse, l'extrait hexanique ne présente aucune activité. Cela signifierait que les composés responsables de cette activité sont solubles dans le méthanol et l'eau mais très peu solubles dans l'hexane [13]. Les diamètres d'inhibition sont compris entre 12,5±1,2 et 14,5±3,5 mm pour l'extrait méthanolique 70% et entre 11,1±1,2 et 12,7±2,5 mm pour l'extrait aqueux. L'extrait méthanolique 70% est significativement plus actif que l'extrait aqueux. C'est le cas observé sur la souche de *E. coli* 478C/14 où diamètre d'inhibition est de 14,5±0,7 pour l'extrait hydroalcoolique alors que celui de l'extrait aqueux est de 11,7±0,5 mm. Cela pourrait se justifier par une synergie d'activité entre un composé extractible dans l'eau et un autre extractible dans le méthanol [13]. Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par [15] qui ont aussi montré que cette même plante exerce une activité inhibitrice sur la croissance *in vitro* des souches sensibles de ces mêmes espèces bactériennes.

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) a montré que les extraits méthanolique 70% et aqueux de feuilles de *S. mombin* sont bactéricides sur la majorité des souches bactériennes. Les CMI sont comprises entre 0,39 et 1,56 mg/ml pour l'extrait hydroalcoolique et entre 0,39 et 3,125 mg/ml pour l'extrait aqueux. Quant aux CMB, elles vont de 0,78 à 3,125 mg/ml pour l'extrait méthanolique 70% et de 1,56 et 12,5 mg/ml pour l'extrait aqueux. Ces résultats confirment ceux [16] qui ont mis en évidence l'activité antibactérienne des feuilles et d'écorce de tige de *S. mombin* sur des souches sensibles de ces mêmes espèces de bactérie.

Ce pouvoir bactéricide des feuilles de *S. mombin* contre toutes les bactéries étudiées pourrait justifier en partie l'utilisation de cette plante en pharmacopée africaine contre certaines pathologies. C'est le cas de l'utilisation de cette plante dans le traitement de la diarrhée [9], une pathologie dans laquelle, *E. coli* est très souvent impliqué. Il en est de même pour l'utilisation de *S. mombin* dans le traitement de l'Ulcère de Burili [9], pathologie dans laquelle *E. coli* est reconnu comme un germe de surinfection.

Le criblage phytochimique des extraits actifs de feuilles de *S. mombin* a permis de mettre en évidence des tanins, des saponosides, des flavonoïdes, des coumarines, des lactones sesquiterpéniques. Par contre, les alcaloïdes n'y ont pas été caractérisés. Ces résultats sont différents de ceux de [17] qui ont montré la présence des alcaloïdes dans les feuilles de *S. mombin* récoltées au Brésil. Cette différence pourrait se justifier par le fait que les méthodes ont été employées pour la mise en évidence des composés sont différentes. Dans les travaux de [17], la caractérisation a été réalisée en tube alors que dans cette étude, elle s'est faite par la chromatographie sur couche mince. En effet, la méthode de chromatographie sur couche mince est plus précise voire fiable que la caractérisation en tube qui peut donner de faux positifs. La présence des tanins, des saponosides, des flavonoïdes, des coumarines serait à l'origine de l'activité bactéricide mise en évidence dans cette étude, justifiant ainsi son utilisation dans le traitement de certaines pathologies bactériennes dans lesquelles sont impliqués ces germes [18].

Outre l'activité antibactérienne, ces mêmes composés pourraient justifier d'autres indications thérapeutiques de *S. mombin*. Ce qui donnerait un fondement scientifique à l'utilisation de cette plante dans la pharmacopée. Ainsi, la présence des tanins qui sont dotés de pouvoir coagulant pourraient justifier l'emploi des feuilles de *S. mombin* pour stopper les hémorragies d'où son utilisation pour traiter les métrorragies [19]. L'activité diurétique des coumarines et des lactones sesquiterpéniques, composés caractérisés dans la plante pourrait être à l'origine de l'utilisation des feuilles de *S. mombin* dans le traitement traditionnel des rétentions d'urine [20]. Les saponines caractérisées dans cette plante pourraient justifier son utilisation chez les femmes en travail grâce aux propriétés abortives des saponosides [21].

5 CONCLUSION

En définitive, cette étude a permis de montrer l'activité antibactérienne des feuilles de *Spondias mombin* sur des souches entérobactéries productrices de bêta-lactamase à spectre élargi. Cette activité est de nature essentiellement bactéricide. Par ailleurs, les groupes de composés chimiques, probablement responsables de cette activité ont été mis en évidence et sont mieux concentrés dans le solvant hydro-alcoolique. La partition de l'extrait hydroalcoolique a montré que les partitions à l'acétate d'éthyle et au butanol sont les plus actives. Ces travaux doivent se poursuivre afin de prouver l'innocuité de la plante et réaliser un fractionnement bioguidé afin d'isoler la ou les molécules responsables de cette activité bactéricide.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) le Département de Bactériologie et de Virologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI) pour leur soutien technique dans la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] J. Simporé, B. Zeba, D. Karou, D. Ilboudo, M. Esposito, A. D'agata, S. Pignatelli, O.G. Nacoulma, S. Musumeci, "Bacterial epidemiology and emergence of multi-drug-resistance in Burkina Faso", *Microbial drug-resistance*, vol 5, n° 64, pp 38-42, 2006.
- [2] OMS, 2007. Maladies transmissibles, profil épidémiologique (Côte d'Ivoire). [online] http://whqlib.doc.int/hq/2010/WHO_HSE_GAR_DCE_2010.3.fre.pdf. (mars 2013).
- [3] V. Samir, and A. Raymond, "Que signifie «bêta-lactamases à spectre élargi» en pratique" *Revue Médicale Suisse*. n°5, pp 1991-1994, 2009.
- [4] R. Canton, A. Novais, A. Valverde, E. Machado, L. Peixe, F. Baquero and T. M. Coque, "Prevalence and spread of extended-spectrum beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae in Europe." *Clinical Microbiology and Infection*, Vol. 14, n° 1, pp 144-153, 2008.
- [5] S. K. Bouchillon, B. M. Johnson, D. J. Hoban, J. L. Johnson, M. J. Dowzicky, D. H. Wu, M. A. Visalli and P. A. Bradford, "Determining incidence of extended spectrum bêta-lactamase producing Enterobacteriaceae, vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in 38 centres from 17 countries: the PEARLS study 2001-2002." *International Journal Antimicrobial Agents*, n° 24, pp 119-124, 2004.
- [6] J. Gangoué-Piéboji, B. Bedenic and S. Koulla-Shiro, "Extended-Spectrum-b-lactamase producing *Enterobacteriaceae* in Yaounde, Cameroon". *Journal of Clinical Microbiology*, n° 43 pp 3273-3277, 2005.
- [7] N. K. Guessennd, A. Kacou-N'douba, V. Gbonon, D. Yapi, E. Ekaza, M. Dosso et P. Courvalin, "Prévalence et profil de résistance des entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi (BLSE) à Abidjan Côte d'Ivoire de 2005 à 2006." *Journal Sciences of Pharmacology and Biology*, vol. 9, n°1, pp 63-70, 2008.
- [8] E.J. Adjahoun, M.R.A. Ahyi, L. Aké-Assi, K. Akpagana, P. Chibon, A. El-Adji, J. Eymé, M. Garba, J.N. Gassita, M. Gbeassor, E. Goudoté, S. Ginko, K. K. Hodouto, P. Hounnon, A. Kéita, Y. Kouela, W. P. Hodouto, Issa-lo, K. M. Siamévi et K. K. Taffamé : Contribution aux études ethnobotaniques floristiques au TOGO. ACCT, 1986.
- [9] G. Zirihi, A. K.M. Kra and F. Guédé-Guina, "Evaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pyrifolia* (Lamarck O. Kuntze Asteraceae) «PYMI» sur la croissance *in-vitro* de *Candida albicans*." *Revue de Médecine et de Pharmacologie Africaine*, n° 17, pp 11-18, 2003.
- [10] K. F. Konan, K. N. Guessennd, K. R. Oussou, C. Bahi, A. Coulibaly, A. J. Djaman et M. Dosso, "Effet antibactérien de l'extrait aqueux de l'écorce de *Terminalia glaucescens* Planch ex Benth (Combretaceae) sur la croissance *in vitro* des entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre élargi (EBLSE)" *International Journal of Biology and Chemical Sciences*, vol. 8, n° 3, pp 1192-1201, 2014.

- [11] A. G. Ponce, R. Fritz, C. Del Alle and S. I. Roura, "Antimicrobial activity of essential oil on the native microflora of organic Swiss chard." *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologic journal*, n° 36, pp 679-684, 2003.
- [12] N. J. Kouadio, N. K. Guessennd, M. W. Koné, B. Moussa, Y. M. Koffi, K.B. Guédé, K. Yao, A. Bakayoko, F. H. Tra Bi et M. Dosso , "Evaluation de l'activité des feuilles de *Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll.-Arg (Euphorbiaceae) sur des bactéries multirésistantes et criblage phytochimique." *International Journal of Biology and Chemical Sciences*, vol. 9, n° 3, pp 1252-1262, 2015.
- [13] L. Fauchere et J. L. Avril : Bactériologie générale et médicale, *Editions Ellipses*, Paris, 2002.
- [14] A. Vessereau : Méthodes statistiques en biologie et en agronomie, *TEC & DOC*, Lavoisier, Paris, 1992.
- [15] C. B. Aké, M.W. Koné, A. K. Kamanzi, et M.Aké, "Evaluation de quelques propriétés biologiques de produits de cueillette non ligneux vendus sur les marchés d'Abidjan et environs." *Pharmacologie et Médecine Traditionnelle Africaine.*, n° 14, pp 1-17, 2006.
- [16] K. A. Abo, O. V. Ogunleye and J. S. Ashidi, "Antimicrobial Potential of *Spondias mombin*, *Croton zambesicus* and *Zygotritonia crocea*." *Phytotherapie Research.*, n° 13: 494-497, 1999.
- [17] J. H. Tiburski, A. Rosenthal, R. Delizab, R. L. O. Godoyb and S. Pachecob, "Nutritional Properties of *Yellow Mombin* (*Spondias mombin* L.) Pulp". *.Food Research. International*, n°. 44, pp 2326-2331, 2010.
- [18] E. J. Adjanohoun, V. Adjakidje, M. R. A. Ahyi, L. Ake-Assi, A. Akoegninou, J. Dalmaida, F. Apovo, K. Bouker, M. Chadare et G. Cusset, Contribution aux Etudes Ethnobotaniques et Floristiques en République Populaire du Benin, Médecine Traditionnelle et Pharmacopée. Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT), Paris, 1989.
- [19] K. N'guessan, K. Kouadio, et N. F. Kouamé, "Plantes emmenagogues utilisées en médecine traditionnelle par les peuples Abbey et Krobou d'Agboville (Côte D'ivoire)." *Pharmacologie et Médecine Traditionnelle Africaine*, n°. 14, pp 137-158, 2006.
- [20] N.S. Reddy, K. Gumireddy and M.R. Mallireddigari, "Noovel coumarin-3-(N-aryl) carboxamides arrest breast cancer cell growth by inhibiting ErbB-2 and ERK1." *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, n°. 13 pp 3141-3147, 2005.
- [21] F. M. Djah and F. R. N. Danho, "Traditional Practices and Medicinal Plants Use during Pregnancy by Anyi-Ndenye Women (Eastern Côte d'Ivoire)." *African Journal of Reproductive Health*, vol. 15, n°. 1, pp 85-94, 2011.

CAPITAL HUMAIN, INEGALITES ET CROISSANCE ECONOMIQUE DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT: UNE ANALYSE EN DONNEES DE PANEL

[HUMAN CAPITAL, INEQUALITY AND ECONOMIC GROWTH IN DEVELOPING COUNTRIES: ANALYSIS IN PANEL DATA]

HICHAM GOUMRHAR

Département des Sciences Économiques,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales,
Université Agdal-Rabat, Maroc

Copyright © 2017 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: Developing countries multiply the incentive policies on education, at least for primary education and educational equity, to improve the entire educational landscape and to address problems of poverty and insecurity affecting the most of these countries and in sub-Saharan Africa in particular. The aim of our work is to verify, first, the impact of the average years of schooling and educational inequalities (proxy of human capital) on economic growth for 65 developing countries over the period 1985-2010. Second, check if the developing country growth trajectory is explained only by economic factors such as education or requires other factors, structural and conjunctural, specific to each country.

We conclude that the effect of the average number of years of study is positive and significant economic growth of the countries in our sample and the predominance of conjunctural factors. However, it appears that educational inequalities have a negative and significant impact on the growth of these countries. The distinction between the group of low-income countries, middle and high shows the existence of a threshold below which education has no effect on economic growth.

KEYWORDS: human capital, index GINI, economic growth, panel data.

RÉSUMÉ: Les pays en développement multiplient les politiques incitatives en matière d'éducation, au moins pour l'enseignement primaire et l'équité scolaire, afin d'améliorer l'ensemble du paysage éducatif et faire face aux problèmes de pauvreté et de précarité dont souffrent la majorité de ces pays et ceux d'Afrique subsaharienne en particulier. L'objectif de notre travail est de vérifier, premièrement, l'impact du nombre moyen d'années de scolarisation et des inégalités d'éducation (proxy du capital humain) sur la croissance économique pour 65 pays en développement sur la période 1985-2010. Deuxièmement, si la trajectoire de croissance des pays en développement s'explique seulement par des facteurs économiques dont l'éducation ou nécessite d'autres facteurs, structurels et conjoncturels, propre à chaque pays.

Nous concluons que l'effet du nombre moyen d'année d'étude est positif et significatif sur la croissance économique des pays de notre échantillon ainsi que la prédominance des facteurs conjoncturels. En revanche, il apparaît que les inégalités d'éducation exercent un impact négatif et significatif sur la croissance de ces pays. La distinction entre groupe de pays à revenu faible, moyen et élevé montre l'existence d'un seuil au dessous duquel l'éducation n'a pas d'effet sur la croissance économique.

MOTS-CLEFS: capital humain, indice de GINI, croissance économique, données de panel.

JEL CLASSIFICATION: C5, C33, I2, O47.

1 INTRODUCTION

L'éducation est réputée jouer un rôle clé dans les processus de développement économique et social de chaque économie. En fait, elle constitue une composante importante dans les stratégies d'amélioration des conditions de vie en contribuant à la réduction des disparités sociales, culturelles et ethniques entre la population d'un même pays.

Le vif intérêt que l'on porte aujourd'hui au capital humain, notamment l'éducation, provient de ce que les trajectoires de croissance dans les pays développés, tout comme celles des pays en développement, sont historiquement accompagnées d'une hausse généralisée du niveau moyen de scolarisation de leur population. Cette évolution a suscité un intérêt collectif pour l'analyse des mécanismes et des canaux de transmission de la première à la dernière.

En effet, Depuis Adam Smith et son œuvre sur les « richesses des nations », la croissance occupe l'esprit de nombreux économistes. Les premiers modèles de croissance économique (Harrod, 1939 ; Domar, 1946) expliquaient la croissance uniquement par le volume des investissements. Ces modèles ont, par la suite, ouvert la voie aux modèles modernes de la croissance, en particulier celui de Solow (1956), qui introduit le concept du progrès technique comme facteur de croissance exogène de long terme et établi le fameux concept de la convergence économique.

Par ailleurs, l'avènement des théories de la croissance endogène a témoigné une évolution conceptuelle du processus de la croissance par l'endogénéisation du progrès technique à travers l'éducation (Lucas, 1988), l'expérience (Arrow, 1962) et la recherche et développement (Romer, 1986). Ces nouvelles théories ont mis ainsi le capital humain au cœur du processus de la croissance économique.

Dans son aspect économique, le niveau d'éducation et sa distribution au sein de la population joue un rôle crucial dans les perspectives de la distribution des revenus et par conséquent de la croissance économique. En effet, une augmentation du niveau de l'éducation d'une personne engendre un accroissement des compétences détenues par la main-d'œuvre, ce qui permet l'amélioration de la productivité du travail et donc de la croissance économique (Barro et Lee, 1993 ; Barro et Sala-i-Martin, 1995; Aghion et Howitt, 1998).

Bien que la majorité des pays du monde ait pris conscience du rôle fondamental que l'éducation peut avoir dans les processus de développement économique et social, beaucoup de ces pays, en particulier ceux en développement, sont loin de réaliser leur plein potentiel par ce canal. Notre réflexion concerne ici la relation entre le capital humain et la croissance dans les pays en développement.

Cependant, l'investissement éducatif ne peut expliquer à lui seul la différence des trajectoires économiques qu'enregistre les pays en développement. Nous nous sommes demandés si les facteurs permanents et conjoncturels propre à chaque pays et groupe de pays n'étaient pas la cause de cette divergence de croissance. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact de l'éducation sur la croissance économique pour le cas des pays en développement en s'interrogeant sur les conditions de la relation et les facteurs connexes qui renforcent ou contraignent ses effets sur la croissance.

Pour répondre à ces questions, nous introduisons le logarithme du PIB par habitant en parité de pouvoir d'achat¹ (ppa), selon l'usage courant en analyse économique, comme variable dépendante. Pour des raisons liées à l'identification de notre modèle, nous faisons recours à des estimateurs à effets fixes (Between, Within). Ces estimateurs tiennent compte de l'effet spécifique individuel et permettent d'établir la part d'explication des facteurs structurels et conjoncturels propre à chaque pays. Afin de mettre en place ces estimateurs, nous enrichissons notre modèle par la prise en compte d'un ensemble de variables de contrôle dont notamment l'investissement direct étranger (IDE), l'ouverture commerciale, la FBCF et la consommation publique. Ces estimateurs utilisés seront testés en faisant recours à un certain nombre de tests (test de Breusch Pagan, test de Hausman et le test de Wald).

Nos premiers résultats nous amènent à conclure que le nombre moyen d'année de scolarité et l'indice de Gini d'éducation, utilisés comme proxy du capital humain, impactent significativement la croissance des pays en développement. Néanmoins, le nombre moyen d'années d'études ne joue un effet positif et statistiquement significatif sur la croissance économique que si le pays dispose d'un stock de capital humain minimum.

¹ *Les parités de pouvoir d'achat (PPA) sont indispensables car elles permettent de tenir compte des prix relatifs entre chaque pays et de comparer ainsi des niveaux de productivité.*

Une caractéristique majeure de notre travail est qu'il a porté sur la mesure de l'impact du capital humain (par le nombre moyen d'année de scolarité et l'indice de Gini d'éducation) sur la croissance pour un échantillon très important de plus de 64 pays en développement, et par groupe de pays répartie selon leur niveau de revenu, élément novateur par rapport à la littérature empirique existante. L'article est organisé comme suite : un bref état de l'art sur la relation capital humain et croissance des économies en développement est l'objet de la deuxième section. Ensuite, la troisième section traite de la spécification économétrique, les données et les variables retenues ainsi que l'analyse des résultats obtenus.

2 EDUCATION ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE : REVUE DE LITTÉRATURE

Le concept moderne de capital humain tire son origine des recherches menées par de nombreux économistes dans le but d'expliquer l'énigme du résidu non expliqué par le capital économique/produit ou l'apport du travail dans les travaux de Solow. Depuis les années 80, et dans le cadre des nouvelles théories de croissance ou « théorie de la croissance endogène », les facteurs humains ont acquis une place essentielle à l'instar des travaux de Romer (1986, 1990) ; Lucas (1988) et Sala-i-Martin (1995), qui ont affirmé que l'investissement en capital humain ne se limitait pas juste à l'amélioration de la qualité du travail à un moment donné, mais pouvait aussi conduire à des progrès et innovations technologiques, à savoir les « externalités » positives qui augmentaient la productivité d'autres facteurs.

Dans ce sens, deux visions complémentaires ont été développées. La première vision s'inscrit dans la lignée de Lucas (1988), où l'éducation est au centre du processus de croissance car le savoir est envisagé selon une logique individuelle, il est incorporé aux individus. Cette vision, qui est considérée comme l'explication directe du rôle de l'éducation dans la croissance économique, met l'éducation dans une place similaire que le capital physique dans la fonction de production : la production est déterminée par le capital physique et le niveau d'éducation incorporée aux individus en tant que capital humain.

La seconde vision porte sur l'explication indirecte du rôle de l'éducation sur la croissance économique, en s'appuyant sur une conception du savoir différente de celle utilisée par Lucas. Elle suppose que le savoir est le produit d'une activité de recherche-développement (R&D), qui permet d'accroître l'efficacité des facteurs de production, notamment à travers l'accumulation de stock immatériel d'idées et de connaissances, engendrant par la suite une production des richesses. Dans cette perspective, on trouve les travaux de Romer (1990), qui considère le savoir en tant qu'élément non incorporé aux individus, mais plutôt synonyme de l'innovation, il intervient alors sous une forme objectivée : la technologie, c'est-à-dire un ensemble d'instructions permettant de construire les biens d'équipements. En augmentant le niveau d'éducation, la participation des travailleurs qualifiés au processus d'accumulation de savoir sera aussi augmentée, ce qui engendrera un accroissement du rythme des découvertes, et par la suite un niveau de croissance économique élevé. L'éducation peut également jouer un autre rôle : c'est l'adaptation aux nouvelles innovations technologiques. Le savoir est alors représenté par la capacité des travailleurs à s'adapter aux nouvelles technologies et donc à produire de façon plus efficace. (Romer, 1986) et (Autume et Michel, 1993).

En effet, l'émergence des nouvelles théories de croissance a remis en cause les théories de croissance exogène et notamment le modèle de Solow. L'hypothèse du progrès technique et son aspect exogène ont été renversés par les teneurs des modèles de croissance endogène, qui considèrent que le progrès technique n'est pas exogène mais plutôt produit, et que la véritable croissance est endogène car elle résulte de choix économique, d'agent optimisateurs, d'investissement en facteur cumulables dont notamment le capital humain, la technologie, le capital physique et le capital public. (P. Darreau, 2003). Ce qui a mis en avant l'idée de l'investissement en facteur cumulables (capital physique, éducation, recherche et développement...) en tant que condition nécessaire, sinon suffisante, à la croissance soutenue.

Théoriquement, l'éducation permet aux travailleurs d'utiliser plus efficacement le capital physique, de diffuser les nouvelles technologies et d'améliorer la capacité d'imitation et d'adoption des techniques précédemment développés par les pays les plus avancés (Aghion et Howitt, 1998). Elle a également des effets positifs externes sur la production (Sarquis et Arbache, 2002). De même, elle joue un rôle positif dans l'amélioration de l'efficacité et du progrès techniques, donc à la croissance de la productivité. (Lucas, 1988 et Romer, 1990).

Toutefois, la question qui se pose et qui est devenue presque obsessionnelle c'est : Si l'éducation est un facteur de croissance dans les pays développés, que peut-on en dire du cas des pays en développement ?

En ce qui concerne l'évolution de l'éducation dans les cas des pays en développement, les différents travaux réalisés dans ce cadre montrent que même si des progrès ont été constatés au cours de ces dernières années, beaucoup d'efforts restent à déployer pour que l'éducation soit chantier d'investissement d'une grande envergure. Au niveau empirique, les résultats sont mitigés et montrent que l'impact de l'éducation sur la trajectoire de croissance des pays en développement ne dépend pas seulement de la mesure utilisée mais également d'autres facteurs y compris les facteurs structurels et conjoncturels des pays.

2.1 CAPITAL HUMAIN, CROISSANCE : QUELQUES ASPECTS EMPIRIQUES

Les études empiriques de l'impact de l'éducation sur la croissance économique des pays en développement donnent des résultats mitigés. Dans ce sens, Otani et Villanueva (1990) trouvent, en utilisant des données en coupe transversale pour 55 pays en développement regroupés selon leur niveau de revenu, un lien positif et significatif entre la part des dépenses publiques destinées à l'éducation tant que proxy du capital humain et la croissance économique pour l'ensemble de l'échantillon. Ils expliquent que l'éducation est une condition nécessaire à la croissance économique et que les dépenses publiques d'éducation constituent un des facteurs clés de la réussite de cette croissance. Ils montrent ensuite, en décomposant l'échantillon en trois sous groupes selon le niveau de revenu de chaque pays : pays à revenu faible, à revenu intermédiaire ainsi qu'à revenu élevé, que la variable liée aux dépenses publiques d'éducation s'avère beaucoup plus significative pour les pays à revenu intermédiaire.

Bourguignon (1993) intègre deux courants de la littérature empirique concernant les facteurs de la croissance et les facteurs de la répartition des revenus. Il montre, à travers une estimation de 36 pays en développement de petite et moyenne taille, que le taux de scolarisation secondaire a un effet positif sur la croissance économique et sur la réduction des inégalités de revenus. Dans le cadre théorique qu'il retient, il suggère que l'inégalité des revenus affecte négativement la croissance à travers ses effets défavorables sur le taux de scolarisation et l'accumulation de capital humain.

De même, Romer (1990) montrent un impact positif du capital humain sur la croissance économique pour 76 pays en développement entre 1960 et 1980. La variable du capital humain est approchée par le taux de scolarisation secondaire en 1960 en estimant le taux de croissance par tête annuel moyen. De plus, Romer teste les effets de complémentarité entre l'éducation et d'autres variables, notamment l'investissement privé et les importations des biens d'équipements, les résultats obtenus montrent un effet positif significatif entre l'éducation et les importations des biens d'équipements.

Cet effet positif du capital humain a été aussi confirmé par Borensztein, De Gregorio et Lee (1994). Les auteurs analysent la nature de la relation entre le nombre d'années d'études dans le secondaire pour les garçons, comme proxy du capital humain, et la croissance économique dans 69 pays en développement entre 1970- 1989 en se basant sur des données de panels. Les résultats empiriques obtenus montrent un effet positif du capital humain sur la croissance de ces pays. Ainsi, les auteurs introduisent les indicatrices Afriques et Amérique Latine, or toutes les deux sont négatives et très significatives.

Villanueva D. (1994) trouve, en utilisant des données en moyenne sur la période 1975- 1986 pour 36 pays en développement, un lien positif et significatif entre le capital humain, représenté par le taux de croissance des dépenses publiques consacrées à l'éducation et à la santé, et la croissance économique. Roubini et Sala-i-Martin (1992) confirment, à travers une estimation du modèle de Barro portant sur des données en coupe transversale de 53 pays en développement (l'Amérique latine et l'Afrique) sur la période 1960-1985, que les taux de scolarisation primaire et secondaire ont des effets positifs et significatifs. Les auteurs ont également montré qu'en ajoutant des variables financières, l'indicatrice pour l'Amérique Latine disparaît alors que celle liée à l'Afrique reste significative.

D'autre part, Dessus et Herrera (1996) cherchent, à travers une analyse en données de panel, à distinguer l'influence autonome de l'éducation sur la croissance économique de 28 pays en développement (8 pays africains, 11 pays d'Amérique latine et 8 pays d'Asie) sur la période 1981-1991 (11 ans). Le modèle est estimé avec la base de Nehru et Dharaeshawar (1993) qui propose un stock de capital humain total défini comme le produit du nombre moyen d'années d'études par habitant par population active. Pour l'ensemble de l'échantillon, le capital humain constitue un déterminant positif de la croissance, statistiquement significatif et quantitativement important (une élasticité proche de 0.5). En moyenne un travailleur qualifié est donc plus productif qu'un travailleur non qualifié ; une main-d'œuvre plus qualifiée adapte mieux aux changements technologiques et fait preuve d'une plus grande mobilité sur le marché du travail. (Dessus et al. 1996)

Dans des études plus récentes, Baldacci, Cléments, Gupta et Cui (2004) analysent les données en provenance de 120 pays en développement sur la période 1975- 2000 en utilisant des données de panel. L'étude explore les canaux directs et indirects liant les dépenses sociales, le capital humain et la croissance dans un système d'équations. Les résultats obtenus montrent que les dépenses d'éducation et de la santé ont un impact direct positif et significatif sur l'accumulation de l'éducation et le capital de la santé, et peuvent donc conduire à une croissance économique plus élevée. De plus, les auteurs montrent que d'autres interventions des pouvoirs publics, comme l'amélioration de la gouvernance, la réduction des déficits budgétaires excessifs et la maîtrise de l'inflation, peuvent également être utiles permettant au pays d'atteindre plus rapidement les objectifs Millénaire pour le développement (OMD). Toutefois, l'augmentation des dépenses seule ne suffit pas pour atteindre ces objectifs. Ces auteurs ont également montré que « l'impact de l'éducation sur la croissance est prononcé dans les pays à faible revenu, dans la mesure où une augmentation de 1% du taux de scolarisation engendre une

augmentation de 0.1% du taux de croissance du PIB par habitant. Cet effet est de 1.5 fois plus élevé que dans les pays à revenu intermédiaire ». (Baldacci et al, 2004 p.16).

L'étude menée par Cooray (2010) est en accord avec l'effet positif du capital humain sur la croissance. En effet, l'auteur a tenté, dans son étude, d'évaluer en coupe transversale l'impact de l'éducation, dans son aspect quantitatif et qualitatif, sur la croissance économique pour 45 pays en développement à revenu faible et moyen entre 1999- 2005 à travers une estimation en MCO (moindre carré ordinaire) et GMM (méthode de moment généralisé). Les auteurs utilisent les taux de scolarisation dans différents niveaux et les dépenses publiques comme proxy de la quantité de l'éducation, tandis que la qualité a été mesurée par le ratio élève par maître, le nombre d'enseignants ainsi que le taux de survie scolaire. Les résultats obtenus ont tous un effet positif et statistiquement significatif sauf pour la variable « dépenses publiques ». L'effet des dépenses publiques sur la croissance économique est, en grande partie, indirect à travers son impact sur l'amélioration de la qualité de l'éducation.

Bien que le capital humain prenne un rôle central dans la plupart des théories de la croissance économique et du développement, Des travaux empiriques dans le cas des pays en voie de développement, et en particulier pour les pays d'Afrique, ont montré des résultats contradictoires à ce que prédit la théorie (Pritchett, 2001 ; Caselli et al. 1996) ; Benhabib et Spiegel 1994 ; Lau, Jamison et Louat, 1990).

Benhabib et Spiegel (1994) sont les premiers auteurs qui ont remis en cause l'effet du capital humain, notamment l'éducation, sur la croissance économique. Cette remise en cause été due essentiellement suite aux crises sociales dans la majorité des pays en développement à partir des années 90. Ces auteurs ont utilisé, pour 42 pays développés et en développement sur la période 1965- 1985, un modèle classique de comptabilité de la croissance à travers une estimation du revenu initial par tête et le stock du capital humain dérivé de la base de données de Kyriacou (1991) pour aboutir à un effet négatif du taux de croissance du nombre d'années d'études sur la croissance économique. Ils expliquent que ce résultat peut trouver une explication dans le niveau d'accumulation du capital humain et la qualité douteuse des variables éducatives issues des pays en développement. Ils montrent également que le stock du capital humain n'a pas partout le même effet : l'impact de l'éducation sur la croissance varie selon le niveau de développement des pays.

D'autres études parviennent à des résultats similaires. Lau, Jamison et Louat (1990) donnent également des conclusions intéressantes. En estimant les effets de l'éducation par niveau de scolarité moyen de la population active (primaire et secondaire) pour un échantillon de 58 pays en développement dans cinq régions du monde : 26 pays d'Afrique subsaharienne ; 7 en Asie de l'Est ; 15 en Amérique latine ; 6 dans la région Moyen-Orient-Afrique du Nord (MENA) et 4 pays d'Asie du Sud durant la période 1960-1986, les auteurs trouvent un effet négatif du niveau primaire pour les pays d'Afrique subsaharienne et les pays de MENA, non significatif en Asie du Sud et en Amérique Latine, et positif seulement en Asie de l'Est.

A l'incohérence des résultats empiriques, plusieurs auteurs se sont penchés sur la question pour relever les nombreuses controverses sur la relation entre le capital humain et la croissance économique dans les pays en développement. Premièrement, ils mettent en cause les problèmes de mesures d'éducation (Barro, 1991 ; Krueger et Lindahl, 2001 ; Gurgand, 2000 et Dessus, 2000). En fait, la plupart des documents qui s'intéressent à l'étude de la relation éducation- croissance entre les pays n'ont pas la même mesure d'éducation. Le niveau moyen d'année de scolarité, les taux de scolarisation ou encore les dépenses d'éducation sont autant de mesures souvent utilisées comme proxy du capital humain d'un pays. Deuxièmement, en plus de la question de mesure, cela peut être également dû à l'influence des valeurs aberrantes (temple, 2001), ou encore que les différents niveaux d'éducation n'exercent pas les mêmes effets (positifs ou négatifs) sur l'efficacité et le progrès technique (Aghion et Cohen ,2004). La troisième possibilité remet en cause la qualité de l'environnement institutionnel et politique ainsi que la qualité de l'éducation (Pritchett, 2001).

Dans une perspective beaucoup moins économétrique, d'autres explications peuvent être avancées pour justifier ce constat, notamment la prise en compte des spécificités des pays africains, l'existence d'un effet de seuil des années de scolarisation ainsi que l'importance de l'équité de l'éducation dans le développement du pays.

2.2 LE CAPITAL HUMAIN ET EFFET DE SEUIL

L'idée selon laquelle un certain nombre d'années d'études doit être atteint pour que la formation ait un impact sur la productivité, à justifier en partie dans les pays en développement et en particulier en Afrique, une politique de scolarisation universelle pour tous au niveau primaire. Dans ce cadre, un certain nombre de travaux parviennent à montrer l'existence d'un seuil de stock du capital humain en dessous duquel la formation n'a que peu d'effet sur la croissance économique. C'est seulement au-delà de ce seuil que le capital humain pourrait générer des rendements collectifs et exploiter mieux les nouvelles techniques nécessitant de l'éducation.

L'étude de Lau, Jamison et Louat (1990), pour le cas des pays en développement, donne dans ce sens une piste intéressante. Les auteurs montrent qu'il y a un effet de seuil qui se situe à environ quatre années d'études pour l'enseignement primaire, au-delà duquel l'éducation a un impact significatif sur la productivité. Un résultat similaire a été prouvé par Lau, Jamison et Ravkin (1993), qui ont pu mettre en évidence ce phénomène sur un ensemble d'état Brésiliens en 1970 et 1980. En outre, l'étude de Rasera Jean-Bernard (1999) indique que ce seuil s'établit à 6 années de scolarisation en ce qui concerne les pays d'Afrique les moins éduqués.

Dans la même lignée de ces travaux. D'autres recherches attribuent la croissance économique en Afrique au seuil d'accumulation de capital humain, notamment, les travaux effectués par Krueger & Lindahl (2001) qui indiquent, à travers des simulations sur des groupes de pays selon leur niveau de scolarité, que l'éducation n'a pas le même effet sur la croissance économique lorsqu'on passe du groupe de pays les moins scolarisés à celui dont le niveau d'éducation est élevé. Cette conclusion se corrobore bien avec l'idée selon laquelle les pays risquent d'entrer dans une trappe d'équilibre à faible rentabilité jusqu'à ce que leur stock d'éducation atteigne un seuil critique permettant ainsi d'enclencher un processus de décollage économique durable.

Néanmoins, bien que l'accumulation du stock de capital humain soit une condition indispensable pour atteindre ce seuil critique permettant aux pays en développement d'observer l'effet de l'éducation, elle n'en est pas suffisante pour promouvoir la croissance économique si elle n'est accompagnée par d'autres facteurs complémentaires, notamment, la qualité de l'éducation ; le choix de la politique économique à travers le ciblage des investissements éducatifs ; la capacité du système d'éducation à distribuer de façon équitable le service d'éducation ainsi que la mise en place d'un environnement adéquat permettant de favoriser la scolarisation des enfants (infrastructures scolaires, pédagogie etc.). Dès lors, il ne faut pas non plus oublier l'impact des facteurs structurels et conjoncturels. Ces facteurs constituent autant d'obstacles qui empêchent d'avoir des effets externes de l'éducation sur la croissance dans les pays en développement.

2.3 LES INÉGALITÉS D'ÉDUCATION : L'INDICE DE GINI

Même si la quantité de l'éducation, mesurée par les taux de scolarisation ou encore la durée moyenne de la scolarité a été la principale mesure utilisée pour les régressions de la croissance, certains auteurs se sont appuyés sur une mesure alternative qui prend en considération les inégalités dans l'éducation (López, Thomas et Wang, 1998; Thomas, Wang et Fan, 2001, 2003; Castelló et Domenech, 2002; Castelló - Climent, 2011 et Morrison & Murtin, 2010). À cet égard, l'indice de Gini de l'éducation, développé par le statisticien Corrado Gini, constitue la mesure la plus couramment utilisée.

Une dispersion inégale du capital humain devrait avoir un effet négatif sur la croissance économique à travers deux canaux. Premièrement, une éducation inégale peut conduire à une répartition inefficace des ressources. Deuxièmement, une inégalité d'éducation a un impact négatif sur le taux d'accumulation du capital humain (De La Croix et Doepke (2003)). Si l'éducation n'est pas équitablement répartie au sein d'une population, une grande partie des recettes sera détenue par une minorité bien éduquée, ce qui engendrera d'énormes inégalités au niveau des distributions des revenus, et par la suite, plus de pauvreté (Glomm et Ravikumar, 1992; Lopez, 2006).

Plusieurs études économétriques ont tenté d'évaluer la relation entre les inégalités d'éducation et la croissance économique. Dans cette perspective, Castelló et Domenech (2002) démontrent, à l'aide des données en coupe transversale de 108 économies, une relation négative entre l'inégalité d'éducation et la croissance économique. Cette relation négative existe non seulement par l'inefficacité de l'allocation des ressources, mais aussi par une réduction des taux d'investissement.

Ce résultat a été également confirmé par Baliaoune-Lutz et McGillivray (2009), qui montrent, à travers une étude en données de panels de 41 pays pour la période 1974-2001, que l'inégalité d'éducation a un impact négatif sur la trajectoire de croissance des économies et ceux essentiellement dans les pays arabes.

Dans une étude plus récente, Amparo Castelló-Climent (2011) étudie l'impact des inégalités d'éducation à travers les canaux démographiques en considérant l'état du marché financier. L'analyse des canaux est testée dans une coupe transversale de 83 pays sur la période 1960-2000, la robustesse des résultats a été également examinée dans une équation de croissance avec l'estimation d'un modèle de données de panel dynamique qui comprend 101 économies. Les résultats de ce travail indiquent qu'un plus grand degré d'inégalité du capital humain augmente les taux de fécondité et réduit l'espérance de vie, qui à son tour freine les taux d'accumulation du capital humain. Cet effet est plus important dans les pays où les individus trouvent des difficultés d'accès aux crédits.

Dans le reste de ce travail, l'objectif est de vérifier empiriquement ces résultats dans le cas d'un échantillon de 65 pays en développement. Nous proposons d'estimer un modèle à effets fixes en utilisant les estimateurs (Within, Between) qui

permettent d'examiner la relation éducation-croissance et de déterminer l'impact des facteurs structurels et conjoncturels sur la trajectoire de croissance de ces pays

3 L'IMPACT DU CAPITAL HUMAIN SUR LA CROISSANCE : LE CAS DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

3.1 MÉTHODE D'ESTIMATION

Le modèle à erreur composée s'écrit comme suit :

$$y_{it} = \beta_0 + \beta x_{it} + u_{it} ; i = 1, \dots, n \text{ et } t = 1, \dots, T$$

$$u_{it} = \alpha_i + \epsilon_{it}$$

Où x_{it} est la variable explicative et y_{it} est la variable dépendante à caractère continue avec β_0 constante. L'indice i est celui de l'individu alors que t représente le temps. La composante α_i représente la caractéristique de l'individu i , β est le paramètre d'intérêt et ϵ_{it} est le terme d'erreur qui suit une distribution $N(0, \sigma^2)$. Le terme u_{it} dénote l'erreur composée du modèle, d'où l'appellation, modèle à erreur composée « One-Way Error Component Regression Model ». La notation de ce modèle varie selon la nature du paramètre α_i . Si α_i est fixe alors il s'agit d'un modèle de panel à effets fixes individuels, et si α_i est aléatoire alors on parle d'un modèle à effets aléatoires individuels.

Les estimateurs utilisés dans ce cas de figure sont, l'estimateur « within, between » pour le modèle à effet fixe et l'estimateur des moindres carrés généralisés (MCG) pour le modèle à effet aléatoire. Le test de Hausman (1978) consiste à comparer les estimations MCG et Within afin de choisir le modèle adéquat MEF ou MEC. La statistique du test est la suivante:

$$H = (\hat{\beta}_{MEF} - \hat{\beta}_{MEC})' [\widehat{V}(\hat{\beta}_{MEF}) - \widehat{V}(\hat{\beta}_{MEC})]^{-1} (\hat{\beta}_{MEF} - \hat{\beta}_{MEC}) \rightarrow \chi^2(k)$$

Sous l'hypothèse nulle de spécification correcte, cette statistique est asymptotiquement distribuée selon une chi-deux à K degrés de liberté, soit le nombre de facteurs variables dans le temps, introduits dans le modèle. Si le test est significatif (P -value < 5%), on retient les estimateurs du modèle à effets fixes qui sont non biaisés.

Les estimateurs qu'on propose dans ce travail sont les estimateurs du modèle à effets fixes (within et Between)². Ce modèle, également appelé modèle de la covariance, suppose que α_i sont des effets constants, non aléatoires, qui viennent donc modifier la valeur de la constante. Le modèle à effets fixes individuels présente une structure des résidus qui vérifient les hypothèses standards des MCO. Il s'agit en fait d'un modèle classique avec variables indicatrices individuelles.

- $E(\epsilon_{it}) = 0$
- $E(\epsilon_{it}\epsilon_{is}) = \begin{cases} \sigma_\epsilon^2 & t = s \\ 0 & \forall t \neq s \end{cases}$,
- $E(\epsilon_{it}\epsilon_{js}) = 0, \forall j \neq i, \forall (t, s)$

3.2 ECHANTILLON D'ANALYSE ET VARIABLES

Dans notre spécification économétrique, Les données utilisées couvrent la période 1985-2010³ pour 65 pays en voie de développement⁴. Pour le choix de la variable endogène, nous avons opté pour le produit intérieur brut par habitant, parité de pouvoir d'achat de la chaîne, en prix constant base 2005⁵. Les études de la performance ont tendance à utiliser cette variable pour mener une comparaison internationale de l'évolution de la production dans le temps (BM, OCDE, ONU).

² Rappel des estimateurs du modèle à effets fixes dans l'annexe II.

³ Nous nous sommes limités à l'année 2010 car les données, relatives au capital humain, tirées de la base de Barro et Lee (2010) couvrent la période 1950-2010.

⁴ La liste des pays dans l'annexe I.

⁵ Penn World Table version 7.0.

Concernant les variables exogènes du modèle. Nous avons utilisé, comme proxy du stock du capital humain, le nombre moyen d'années de scolarité et l'indice de Gini d'éducation, tirés respectivement de la base de données de Barro et Lee (2010) ainsi que celle de Benaabdelaali W., Hanchane S. Kamal A. (2011), pour une période annuelle en appliquant la méthode de l'interpolation linéaire. Nous avons également enrichie notre spécification par la prise en compte d'autres variables censées expliquer la croissance économique. Il s'agit notamment des IDE⁶, l'ouverture commerciale, la formation brute de capital fixe (FBCF) et la consommation publique (source : World Development indicator, 2015).

De ce fait, nous disposons de 26 périodes. Le nombre maximal d'observations dont on dispose est de 1690 observations. Le modèle étant cylindré où les N individus sont observés sur toute la période. C'est-à-dire que tous les pays ont été observés aux mêmes dates et qu'aucune observation ne manque.

Cette période d'étude a été choisie en observant la base de données de l'ensemble des variables. Cette période est stable et contient des informations comparativement à l'ensemble de l'échantillon. En effet, la période précédant les années 80 s'est caractérisée par l'absence des recensements et d'autres dispositifs de collecte tels que les services de statistiques, de même la plupart des pays en développement surtout en Afrique passaient par une période post-coloniale dans laquelle la plupart des Etats n'ont pas encore intégré les organisations internationales telles que l'UNESCO ou la Banque Mondiale, d'où le choix de notre période.

Deux critères majeurs ont guidé le choix de l'échantillon : la disponibilité des données et le niveau de revenu par habitant du pays. En ce qui concerne la disponibilité des données, les pays retenus sont ceux pour lesquels on dispose de données pour l'ensemble de la période sur chacune des variables utilisées. Pour un panel, il est nécessaire de calibrer les données pour chaque pays et chaque variable. Or, étant donné que la couverture de la base de données pour les variables choisies était incomplète, nous avons exclu de l'échantillon les pays dont les observations étaient manquantes.

Par ailleurs, le regroupement en trois groupes s'est réalisé en fonction du niveau de revenu par tête du pays, ceux en développement ayant un faible revenu par habitant, un revenu intermédiaire ainsi qu'un revenu élevé. Pour la répartition des groupes de pays par revenu, nous nous sommes basés sur la définition de la banque mondiale⁷.

Nous avons évalué l'impact du capital humain sur la croissance économique en se basant sur le modèle de Mankiw, Romer et Weil (1992) qui repose sur la fonction de production suivante :

$$Y = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t) L(t))^{1-\alpha-\beta}$$

Où $k(t)$, $H(t)$, $A(t)$ et $L(t)$ représentent respectivement le stock du capital physique, capital humain, le progrès technique et la quantité de travail. Alors que α , β et $(1 - \alpha - \beta)$ représentent respectivement la part du capital physique, capital humain et le travail dans la production où les rendements d'échelle sont constants ($\alpha + \beta = 1$). A partir de là, nos estimations porteront sur l'approximation de l'équation suivante :

$$\text{LogPIB} = \beta_1 \text{FBCF} + \beta_2 \text{KH} + \beta_3 \text{Ouv_COM} + \beta_4 \text{IDE} + \beta_5 \text{Cons_pub} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Où α_i représente l'effet individuel, qui peut être fixe ou aléatoire, ε_{it} est le résidu du modèle.

KH : est mesuré dans un premier temps par le nombre moyen d'années de scolarité, ensuite par l'indice de Gini d'éducation.

IDE : mesure la part des investissements directs étrangers entrants en million de dollars (en logarithme).

Ouv_COM : représente le degré d'ouverture commerciale de l'économie (la somme du volume des exportations et des importations de biens et de services) en % du PIB réel. (En logarithme).

FBCF : mesure la part de la formation brute de capital fixe dans le PIB.

Cons_pub : représente les Dépenses de consommation finale des administrations publiques (% du PIB).

⁶ Tirés de la base de données de « United Nations Conference on Trade and Development » (UNCTADSTAT).

⁷ Selon la définition de BM : Les pays à revenus faibles sont les pays dont le PIB par habitant est inférieur ou égale 1045\$ en 2014. Les pays à revenus intermédiaires sont ceux dont les quels le PIB par habitant en 2014 se situait entre 1046\$ et 12 735\$. Quant aux pays à revenus élevés, sont les pays où le PIB par habitant en 2014 est de 12 736\$ ou plus.

3.3 ESTIMATION ET L'ANALYSE DES RÉSULTATS

Dans un premier temps, nous estimons l'équation (1) en utilisant le nombre moyen d'années d'éducation comme proxy du capital humain avant de revenir sur les inégalités d'éducation (indice de GINI). Les résultats des estimations sont consignés dans le tableau I et II.

Toutefois, il est essentiel d'effectuer un certain nombre de tests permettant d'examiner la robustesse et le choix du modèle, notamment les tests d'absence d'effets spécifiques individuels de Breusch Pagan, test de Hausman pour le choix du modèle et le test de Wald modifié pour l'hétéroscédasticité et l'autocorrélation des erreurs⁸. Pour notre cas, le test de Breusch Pagan rapporte une statistique χ^2 égale à 16088.85 avec une probabilité inférieure à 0.05, permettant le rejet de l'hypothèse nulle d'absence d'effets spécifiques individuels pour notre cas.

Ainsi, Le test de Hausman donne une p_value inférieure à 0.05 d'où le rejet de l'hypothèse nulle, et par conséquent le choix d'un modèle à effets fixes. L'estimateur de GLS (moindres carrés généralisés) n'est pas l'estimateur BLUE. Seuls sont efficaces les estimateurs Between (inter-pays) et Within (intra-pays). Cependant, Le test de Wald modifié donne un χ^2 avec p_value inférieur à 5% ce qui nous amène à accepter l'hypothèse d'hétéroscédasticité des résidus. Les coefficients des variables d'intérêt sont globalement robustes et les erreurs liées aux techniques économétriques sont substantiellement réduites.

Tableau I : l'impact du nombre moyen d'années d'éducation sur la croissance pour l'ensemble des pays en développement :

Variable dépendante : logarithme du PIB par tête PPA (prix constant base 2005)		
Variables	Between (inter-pays)	Within (intra-pays)
Ouv_COM	0.21363118 (0.1948599)	0.0690066 *** (0.0187276)
IDE	0.235609*** (0.0530701)	0.0177643*** (0.0027148)
FBCF	0.0334335*** (0.0191555)	0.0047547*** (0.0008296)
Cons_pub	0.0100673 (0.0244481)	0.0064735*** (0.0012053)
Yrs_sch ⁹	0.175585*** (0.0432785)	0.1088776*** (0.0058601)
R-sq	0.6708	0.4001
Number of id	65	65
Number of observation	1690	1690
Sigma_u		0.83017
Sigma_b	0.15237203	

Source : calcul de l'auteur ; Note : * coefficient significatif à 10% ** coefficient significatif à 5% *** coefficient significatif à 1% ; Estimations sur STATA 13.0 ; (.) écart-type robust. Les paramètres Sigma_u et Sigma_b, représentent respectivement la variance intra-pays (Within) et la variance inter-pays (Between).

Les résultats des estimateurs montrent que les coefficients associés au capital physique (FBCF), aux flux entrants des investissements directs étrangers en (IDE) sont positifs et statistiquement significatifs (leur p_value respective < 5%). En revanche, les variables ouverture commerciale (Ouv_COM) et consommation publique (Cons_pub) apparaissent significatives et positives pour l'estimateur intra-individuel (Within) alors qu'elles sont non significatives selon l'estimateur inter-pays (Between). Ce qui met en évidence que la prise en compte des effets spécifiques, dans le cas de l'estimateur intra-individuel, change radicalement l'effet de ses variables sur le niveau de l'output. Les estimateurs within démontrent qu'en

⁸ Les tests sont dans l'annexe II.

⁹ Représente le nombre moyen d'années de scolarisation, tiré de la base de données de Barro et Lee (2010).

l'absence des effets spécifiques individuels, l'impact de la scolarisation sur le PIB par tête est significativement positif pour le cas des pays en développement.

Un autre constat ressort de nos investigations révèle une forte variabilité propre aux différents pays au cours du temps. D'après les résultats, la variance intra-pays ($\text{Sigma}_u = 0.83$) est plus élevée que la variabilité entre pays à un moment donné ($\text{Sigma}_b = 0.16$). Ce qui signifie une forte influence des facteurs conjoncturels par rapport aux facteurs structurels¹⁰ sur la croissance économique des pays en développement. En effet, l'estimateur inter-individuel, appelé également l'estimateur Between consiste à se focaliser sur les différences permanentes existantes entre les individus (pays) tout en éliminant les différences de nature conjoncturelle. Alors que l'estimateur intra-individuel où « estimateur Within » s'intéresse plus aux différences du genre conjoncturel, en comparant la situation de chaque pays à chaque date avec sa situation moyenne sur la période 1985-2010.

De ce fait, on déduit que la divergence de trajectoires de croissance économique dans les pays en développement n'est pas due seulement à des facteurs économiques y compris l'éducation, mais également à des facteurs conjoncturels qui peuvent affecter toute politique éducative mise en œuvre. Ces facteurs conjoncturels peuvent être inhérents aux années très pluvieuses, aux périodes d'errance politiques (la violence électorale et les guerres civiles), à la dévaluation des francs CFA et du franc comorien le 12 janvier 1994, ainsi que les programmes d'ajustements structurels (PAS) mettent en place par le fond monétaire international (FMI) ou la banque mondiale en faveur d'un certain nombre de pays.

En outre, le nombre moyen d'années de scolarisation, proxy du capital humain, apporte une contribution globalement positive et significative à la croissance économique pour l'ensemble des pays de notre échantillon, avec un effet total un peu près de même ampleur (Between = 0.17 ; Within = 0.11), rejoignant ainsi les résultats déjà obtenu dans ce cadre pour les pays en développement, tels que ceux de Ojo et Oshikoya (1995), Borensztein et De Gregorio et Lee (1994). Toutefois, la contribution du capital humain reste d'un niveau faible (within = 0.12) pour stimuler le processus de croissance économique soutenue pour l'ensemble des pays en développement de notre échantillon. Cela peut être dû au faible niveau du capital humain de certains pays de l'échantillon. C'est-à-dire qu'en moyenne, un niveau faible d'investissement en éducation de certaines économies en développement pourrait influencer négativement le niveau moyen de l'éducation de l'ensemble de l'échantillon et par conséquent son impact sur la croissance économique.

Cela apparaît encore plus clair lorsqu'on passe à l'analyse par groupe de pays. Le tableau II présente les résultats des estimations (estimateur intra-pays) pour chacun des trois groupes de pays : pays à revenu faible ; intermédiaire et élevé.

Tableau II : l'impact du nombre moyen d'années d'éducation sur la croissance dans les trois groupes de pays en développement

Variable dépendante : logarithme du PIB par tête PPA (prix constant base 2005)

Variables	Pays à faible revenu	Pays à revenu moyen	Pays à revenu élevé	L'ensemble des pays
Ouv_COM	0.1371523*** (0.0431954)	0.0598609*** (0.0181233)	0.0194091 (0.0860268)	0.0690066 *** (0.0187276)
IDE	0.0154669 (0.0051773)	0.0048958*** (0.0023035)	0.0519912** (0.0269497)	0.0177643*** (0.0027148)
FBCF	0.0055945*** (0.002174)	0.0061809*** (0.0008019)	0.0064325*** (0.0027863)	0.0047547*** (0.0008296)
Cons_pub	0.0074556*** (0.002174)	0.0060834*** (0.0011704)	0.0224859*** (0.0053154)	0.0064735*** (0.0012053)
Yrs_sch	- 0.0067452 (0.0166158)	0.1361175*** (0.0053352)	0.4031679*** (0.0438994)	0.1088776*** (0.0058601)
R-sq	0.14	0.57	0.82	0.41
N of obs	442	1144	104	1690

Source : calcul de l'auteur ; Note : * coefficient significatif à 10% ; ** coefficient significatif à 5% ; *** coefficient significatif à 1% ; (.) Ecart-types. Estimation sur STATA 13.0 par la commande : xtreg pour l'estimateur intra-pays.

¹⁰ Les facteurs permanents peuvent être liés soit à la disponibilité ou l'absence des ressources naturelles notamment le pétrole ou autre ressources minérales, soit à l'ouverture sur la mer ou encore les pratiques culturelles propres à chaque pays.

D'après le tableau II, qui représente respectivement les résultats de l'estimateur Within pour chacun des trois groupes de pays ainsi que pour l'ensemble des 65 pays de l'échantillon, on remarque de manière générale que l'impact du capital humain sur la croissance économique dépend de l'écart des revenus de chaque pays, mais qu'au niveau global, les écarts des uns sont comblés par autres. Les effets du nombre moyen d'année d'éducation sont statistiquement significatifs et positifs pour les pays à revenu moyen et élevé, ils égalent respectivement à (0.14 et 0.40) alors qu'ils sont non statistiquement significatifs pour le groupe de pays à faible revenu.

Ce qui implique que L'écart entre le PIB par tête des pays en développement par rapport à celui des Etats-Unis d'Amérique conditionne l'impact du capital humain sur la croissance économique. Plus cet écart entre le PIB du groupe et celui des USA est grand, plus le pays est pauvre et éloigné de la frontière technologique et donc moins d'investissements en éducation. Pour le cas des pays à revenu intermédiaire et à revenu élevé, on note un effet significatif et positif du capital humain sur la trajectoire de la croissance économique, avec un impact plus élevé pour ceux à revenu élevé. Toutefois, les estimateurs Within est globalement non significatif pour les pays à faible revenu, à l'exception de celui de l'investissement domestique – formation brute de capital fixe (FBCF) – et la consommation publique (Cons_pub). Ce qui signifie que le capital humain ne joue pas pleinement son rôle sur la croissance économique dans ce groupe de pays.

Ces résultats rejoignent les travaux de Aghion P. Cohen E. (2004) qui suggèrent que l'écart qui sépare le niveau de revenu d'un pays à celui des USA et donc de la frontière technologique, est important pour comprendre l'effet de l'éducation sur la trajectoire de croissance économique. En particulier, les auteurs ont relevé que les pays riches en capital humain et donc plus proche de la frontière technologique doivent encourager l'innovation, la recherche et développement en privilégiant l'enseignement supérieur pour faire face aux multiples défis notamment, la concurrence et la compétitivité internationale ; alors que les pays à faible niveau de revenu et donc loin de la frontière technologique auront intérêt à mettre à priori l'enseignement primaire et secondaire dans une logique d'imitation et de rattrapage par rapport à d'autres pays plus avancés techniquement.

Les résultats révèlent également un effet positif et significatif des investissements directs étrangers (IDE) pour les pays à revenu intermédiaire et élevé alors qu'ils ne le sont pas pour ceux à revenu faible. Ceci revient à ce que les pays qui disposent d'un capital humain de départ important profitent mieux des investissements directs étrangers. Ces investissements contribuent de façon plus efficace à la croissance économique à travers l'installation d'activités productives et à haute valeur ajoutées.

Ainsi, comme l'a montré Saggi (2001), « sans un capital humain suffisant ou des investissements en recherche et développement, la propagation des IDE sera très faible » (NATH, 2004 p : 6). Les IDE qui constituent un important canal de diffusion de la technologie et de la recherche et développement (R&D), y compris le développement du capital, des pays développés vers ceux en voie de développement, à travers la formation du staff local, l'amélioration des standards de production des firmes situées en amont et en aval du tissu industriel et le renforcement des capacités concurrentielles des entrepreneurs locaux (Grossman et Helpman, 1991). Ce qui est notamment le cas des pays en développement à faible revenu où les investissements directs sont non significatifs.

D'autre part, une augmentation du nombre moyen d'années de scolarité d'une année engendre une augmentation du PIB par tête de 0.14% dans les pays à revenu moyen et de 0.40% pour les pays à revenu élevé alors qu'elle est non significative pour les pays à faible revenu. Contrairement à l'analyse précédente, ce résultat met en évidence un effet de seuil : lorsque les investissements éducatifs ne sont pas suffisamment massifs, ils ne parviennent pas à enclencher un processus de croissance économique soutenue (Lau & al. (1990)). En d'autre termes, afin d'avoir un effet significatif de l'éducation sur la croissance économique, les pays à faible revenu doivent disposer d'un certain nombre de conditions entre autres un niveau minimum de capital humain. Dans ce sens, l'analyse des données relative au nombre d'années de scolarité pour le groupe de pays à faible revenu, représentée dans le graphe ci-dessous¹¹, met en évidence que la majorité de ses pays n'ont pas encore atteint l'effet de seuil situé entre 4 et 6 années d'études. Un seuil en dessous duquel l'éducation n'a pas d'effet sur la productivité (Lau et al, 1990 ; 1993 ; Rasera 1999).

De ce fait, même si les connaissances permettent de diffuser des externalités positives sur une nation, elles dépendent en grande partie du nombre moyen des individus éduqués afin de déclencher ce phénomène. Autrement dit, les personnes ayant un bon niveau d'éducation mais qui appartiennent à une société où le nombre et le niveau de scolarité est faible, ne

¹¹ Le graphe dans l'annexe II.

leur permet pas de bénéficier et de diffuser les effets de connaissances (Easterly W., 2006 ; De la croix et al. 2002). Ce qui signifie que le développement du capital social d'une nation dépend implicitement du niveau de son capital humain.

Dans ce qui suit, nous estimons l'impact des inégalités d'éducation sur la croissance des pays en développement. En effet, même si la quantité de l'éducation, mesurée par le nombre d'année de scolarité, a été souvent utilisée dans les travaux sur la croissance, les inégalités dans l'éducation ont été exploitées par un certain nombre d'auteurs comme une mesure alternative et un autre aspect permettant de déterminer l'effet du capital humain sur la croissance économique (López, Thomas et Wang, 1998 ; Castelló et Domenech, 2002; Castelló - Climent, 2011). À cet égard, l'indice de Gini de l'éducation, tiré de la base de Benaabdelaali W., Hanchane S. Kamal A. (2011), constitue la mesure utilisée dans notre étude. Les résultats des estimations sont exposés dans le tableau III et IV.

Tableau III: l'impact de l'indice de GINI d'éducation sur la croissance pour l'ensemble des pays en développement :

Variable dépendante : logarithme du PIB par tête PPA (prix constant base 2005)		
Variables	Between (inter-pays)	Within (intra-pays)
Ouv_COM	0.2448995 (0.2009404)	0.1078046*** (0.0197863)
IDE	0.2576815*** (0.0534857)	0.0273906*** (0.0028843)
FBCF	0.0356503*** (0.0252731)	0.0037181*** (0.0008801)
Cons_pub	0.0067703 (0.0252731)	0.0070976*** (0.0012957)
Indice_GINI	-1.928139*** (0.5579386)	-0.944023*** (0.0885329)
R-sq	0.64	0.32
Number of id	65	65
Number of observation	1690	1690
Sigma_u		0.8702
Sigma_b	0.1622	

Source : calcul de l'auteur ; Note : * coefficient significatif à 10% ** coefficient significatif à 5% *** coefficient significatif à 1% ; Estimations sur STATA 13.0 ; (.) écart-type robust. Les paramètres Sigma_u et Sigma_b, représentent respectivement la variance intra-pays (Within) et la variance inter-pays (Between).

Les résultats obtenus du tableau III, montrent que les coefficients associés aux variables de contrôle notamment, à l'ouverture commerciale et la consommation publique, par l'estimateur intra-individuel (Within) sont positifs et statistiquement significatifs ce qui confirme le rôle de ces variables dans l'amélioration de la productivité et, in fine, de la croissance économique des pays en développement. Contrairement à l'estimateur inter-individuel (Between) où ils sont non significatifs.

Concernant les investissements directs étrangers (IDE), les résultats suggèrent, pour l'ensemble des estimateurs, que cette variable contribue positivement et favorise la croissance économique dans les pays en développement. Ce résultat conforte les conclusions de Grossman et Helpman (1991) et Nath (2004), pour qui les IDE contribuent à la croissance économique dans le sens où qu'un environnement commercial orienté vers l'exportation pourrait être un catalyseur de l'attraction des IDE pendant que le commerce extérieur et les IDE contribuent tous les deux à la croissance (Nath 2004)¹².

Quant à l'investissement domestique, ici représenté par son proxy formation brute de capital fixe (FBCF), on observe d'après les résultats que cette variable influence positivement et significativement la trajectoire de la croissance des pays en

¹² Brahim MANSOURI, 2009, « effets des IDE et de l'ouverture commerciale sur la croissance économique au Maroc » ; Centre de conférences des Nations Unies • Addis-Abeba, Éthiopie novembre 2009.

développement de notre échantillon quelque soit l'estimateur utilisé (Between et Within). Ce qui montre le rôle de moteur de l'investissement en capital physique dans la croissance économique de ces pays.

Un autre résultat ressort du tableau III, indique la prédominance des facteurs conjoncturels dans les économies considérées par rapport aux facteurs permanents du fait que la variabilité propre aux différents pays au cours du temps (variance Within) est plus élevée (0.86) que la variabilité entre pays à un moment donnée (variance Between) qui égale à (0.17). Ce résultat corrobore les conclusions tirées de l'analyse précédente, en ce que la croissance économique des pays en développement ne se diffèrent pas seulement par leur dotation en capital physique et humain mais également et surtout par des facteurs conjoncturels, permanents, socioéconomiques et politiques.

Toutefois, les données du tableau révèlent un impact négatif et statistiquement significatif des inégalités d'éducation sur la croissance économique de l'ensemble des pays en développement de l'échantillon quelque soit l'estimateur (Between = - 1.928139 ; Within = - 0.944023). Ceci s'explique par le fait que les inégalités de l'éducation ne favorisent pas la croissance économique dans les pays en développement dans le sens où l'existence des inégalités de l'éducation et discrimination peuvent constituer une entrave à l'accumulation du capital éducatif. Dans ce contexte, il faut noter que l'Afrique subsaharienne et les Etats arabes détiennent l'un des taux d'inégalité d'éducation le plus élevé dans le monde (Canadian journal of Education.2008).

Ce résultat conforte les conclusions De la Croix et al. (2002) et Amparo Castelló-Climent (2011) pour qui les inégalités de l'éducation dans les pays en développement ne contribuent pas à la croissance économique. Le modèle De la Croix et al. (2002) met le point sur la distribution initiale de l'éducation dans l'accumulation future du capital humain. Il en résulte qu'un haut niveau d'inégalités d'éducation affecte négativement l'accumulation future du capital humain et par la suite la croissance à long terme. Alors que Amparo Castelló-Climent (2011), indiquent qu'un plus grand degré d'inégalité du capital humain augmente les taux de fécondité et réduit l'espérance de vie ce qui entrave l'accumulation du capital éducatif. Cet effet négatif des inégalités d'éducation sur la croissance économique des pays en développement apparaisse encore plus clair en considérant les trois groupes de pays séparément (tableau IV).

Tableau IV: l'impact de l'indice de GINI d'éducation sur la croissance pour chaque groupe des pays en développement : (estimateur Within)

Variable dépendante : logarithme du PIB par tête PPA (prix constant base 2005)

variables	Pays à faible revenu	Pays à moyen revenu	Pays à revenu élevé
OUV_COM	0.0014996** (0.0008432)	0.0717041*** (0.0199334)	0.0081745*** (0.0016052)
IDE	-0.0027411 (0.0041393)	0.0115508*** (0.00247)	0.0437895*** (0.0155705)
FBCF	0.0101058*** (0.0021139)	0.0086182*** (0.0008715)	-0.0062765 (0.0041778)
Cons_pub	0.0054209** (0.0029852)	0.008715*** (0.0012888)	0.0098232 (0.0097958)
Indice_GINI	-0.0315641 (0.17317007)	- 1.744977*** (0.0904246)	- 2.911538*** (0.6294756)
R-sq	0.11	0.481	0.51
N of obs	442	1144	104
N of groups	17	44	4

Source : calcul de l'auteur ; Note : * coefficient significatif à 10%** coefficient significatif à 5% *** coefficient significatif à 1%. Estimation sur STATA 13.0 par la commande : xtreg pour l'estimateur within.

L'analyse en termes de revenu, prouve un effet négatif et significatif de l'indice de GINI de l'éducation pour les groupes de pays à revenu intermédiaire et élevé contrairement au groupe à revenu faible où il est non significatif. Ces résultats rejoignent certains travaux notamment ceux de Balamoune-Lutz et McGillivray (2009) ; Castelló et Domenech (2002) ; Castelló (2008). Cet effet négatif peut être expliqué par un ensemble des facteurs, tels que l'instabilité sociale et politique, l'inefficacité des ressources, la réduction des taux d'investissement, la restriction de crédit à l'investissement en capital humain ou encore les mécanismes d'imperfection du marché du crédit (Castelló et Domenech (2002) ; Castelló (2008)). Les implications politiques de ces résultats sont importantes, car ils suggèrent qu'une répartition plus égale des opportunités, à

travers un large accès à l'éducation, pourrait non seulement améliorer le niveau de vie des individus, mais aussi la performance économique du pays dans son ensemble.

En outre, on remarque que le coefficient de GINI mesurant les inégalités d'éducation, est plus important au sein du groupe à revenu élevé (Indice_GINI = -2.9) comparé à ceux à revenu intermédiaire et revenu faible, qui égale respectivement -0.03 ; -1.74. Cela implique que l'impact des inégalités devient de plus en plus important avec l'augmentation du niveau moyen de l'éducation dans une population.

L'analyse par destination des causes de l'inégalité du capital humain dans les pays en développement de notre échantillon, met en premier rang l'instabilité sociale et politique que traverse la majorité de ces pays. Pour les pays africains de l'échantillon, certains pays d'entre eux étaient impliqués, et cela depuis l'indépendance, dans des affrontements armés ou des situations de crise plus ou moins résolues, notamment la république démocratique du Congo, Libéria, Burundi, Rwanda...). L'Afrique Subsaharienne est la partie du continent la plus démunie économiquement, la plus inégale, mais surtout la plus mouvementée politiquement. Presque la moitié (44%) de la population vit en état d'extrême pauvreté. Les moyens pour maîtriser leur fécondité et pour lutter contre les maladies sont faibles et très inégalement répartis entre les pays et entre les catégories sociales des pays¹³.

Pour la région du moyen Orient et d'Afrique du Nord, elle est aussi caractérisée par des situations d'instabilités sociales et politiques (Syrie depuis 1963, Egypte depuis 1981 et l'Algérie depuis 1992). En Algérie, les émeutes du 5 octobre 1988 sont les plus violentes et les plus populaires depuis son indépendance. L'Algérie a connue aussi une décennie noire suite au conflit qui opposa le gouvernement algérien et divers groupes islamistes à partir de 1991¹⁴. Quant au Maroc, et cela malgré les efforts déployés dans ce cadre, il est toujours classé parmi les pays les plus inégalitaires en éducation avec un indice de 0.57 en 2010. L'un des problèmes majeurs qui entrave le développement du capital humain au Maroc sont les sorties précoces du système éducatif, en particulier l'enseignement primaire et secondaire¹⁵.

En effet, l'évaluation des objectifs du Millénaire pour le Développement » (OMD) visant à améliorer l'ensemble du paysage éducatif et faire face aux problèmes de pauvreté et de précarité dont souffrent les pays en développement et ceux d'Afrique subsaharienne en particulier, donne des statistiques décevantes au moins pour l'enseignement primaire et l'égalité du genre. La majorité des pays engagés, particulièrement les pays d'Afrique subsaharienne, n'ont pas pu atteindre les objectifs dessinés dans ce cadre, et devront faire face à des disparités entre les sexes à tous les niveaux, des taux d'abandon et de redoublement élevés, notamment dans l'enseignement primaire et secondaire. Des progrès importants restent néanmoins à réaliser sur ce plan afin d'assurer le rattrapage des autres pays sud-méditerranéens.

4 CONCLUSION

Le rôle des facteurs humains dans la trajectoire de croissance des pays n'est plus à démontrer. En effet, les nouvelles théories de la croissance ont souvent mis en avant le rôle primordial que peut jouer le capital humain dans le processus de croissance et de développement économique et social des pays développés. Cependant, bien que les états du monde aient pris conscience du rôle fondamental de l'éducation, les pays en développement en particulier sont loin de réaliser leur plein potentiel par ce canal. C'est dans ce sens que s'inscrit notre analyse.

Tout au long de ce travail, nous avons essayé, premièrement, d'examiner la relation entre le capital humain, mesuré par le nombre moyen d'années de scolarisation et l'indice de Gini d'éducation, et la croissance économique dans soixante-cinq pays en développement durant la période 1985-2010. deuxièmement, de vérifier si le processus de croissance dans les pays de notre échantillon est expliqué uniquement par des facteurs économiques ou également par des facteurs permanents et conjoncturels propre à chaque pays. Nos résultats montrent un effet positif et statistiquement significatif du nombre moyen d'années d'études sur la croissance de l'ensemble de l'échantillon. En revanche, la relation entre les inégalités de l'éducation, mesurées par l'indice de GINI, et la croissance des pays est négative et significative. De plus, l'influence des inégalités de l'éducation apparaissent plus importante dans le groupe de pays disposant d'une haute dotation initiale en capital humain.

¹³ VIMARD Patrice, (2008), « Entre croissance démographique et retards socio-économiques : quelles politiques de développement pour l'Afrique subsaharienne ? », la lettre du Laboratoire population environnement développement, p.2.

¹⁴ [Http://www.statistiques-mondiales.com/afrique_guerres.htm](http://www.statistiques-mondiales.com/afrique_guerres.htm)

¹⁵ Hanchane S. et al. (2012), « les inégalités de capital humain au Maroc », l'association marocaine des sciences économiques (AMSE).

Ces résultats corroborent avec les constats de Barro et LEE, 1993 ; Lau et al. 1993 ; Barro, 2010 ; Amparo Castelló et al. 2002 ; De la Croix et al. 2002 ; Amparo Castelló-Climent, 2011.

Il ressort également de nos investigations que non seulement les facteurs économiques, y compris le niveau d'investissement éducatif, sont derrière la faible trajectoire de croissance des pays en développement, mais que celle-ci peut être aussi attribuée à des facteurs conjoncturels qui représentent une part importante. Par ailleurs, la distinction entre groupes de pays à faible revenu, à revenu moyen et à revenu élevé met en relief un seuil au dessous duquel l'éducation n'a pas d'effet sur la croissance des pays en développement. Cela signifie que même si l'éducation impacte positivement la croissance économique dans ces pays, un nombre moyen d'éducation élevé est important pour déclencher ce phénomène.

REFERENCES

- [1] Adam Smith (1776), « Recherche sur la nature et les causes de la Richesse des Nations », Vol I et II (réimpression, GF – Flammarion, 1991)
- [2] Aghion P. & Howitt P (1998), «Endogenous Growth Theory», MIT Press, Cambridge.
- [3] Aghion P. & Cohen E., (2004) : « Education et croissance », rapport 46, Conseil d'Analyse Economique du Premier ministre, la Documentation française.
- [4] Arbache, Jorge and Sarquis, Sarquis J. B.,(August 2002),“Human Capital, External Effects and Technical Change”, London School of Economics Working Paper.
- [5] Arrow K.J. (1973),“Higher Education as a Filter”, Journal of Public Economics, n° 2.
- [6] Baldacci, E., Benedict, C., Gupta, S., & Cui, Q. (2008), “Social Spending, Human Capital and Growth in Developing Countries”, International Monetary Fund, WP/04/217, PP. 1-40.
- [7] Balamoune-Lutz M., & McGillivray M., (2009), “Does Gender Inequality Reduce Growth in Sub Saharan African and Arab Countries?”, African Development Review, Volume 21, Issue 2, pages 224–242.
- [8] Barro R. (1991), “Economic Growth in a Cross Section of Countries”, Quarterly Journal of Economics, vol. 151, n° 2, May, 407-443.
- [9] Barro R. & Lee J.-W (1993), “International Comparisons of Educational Attainment”, Journal of Monetary Economics, vol. 32, n° 3, 363-394.
- [10] Barro J.R. & Sala-i-Martin, X. (1995),“Economic Growth”, McGraw-Hill, New York.
- [11] Barro R. J. & J. W. Lee, (2010), “A New Data Set of Educational Attainment in the World”, 1950–2010”, NBER Working Papers 15902, National Bureau of Economic Research, Inc. pages 541-63
- [12] Benhabib J. & Spiegel M.M. (1994), “The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data”, Journal of Monetary Economics, vol. 34, 143-179.
- [13] Benaabdelaali W., Hanchane S. & kamal A., (2011), “A New Data Set of Educational Inequality in the World, 1950-2010: Gini Index of Education by Age Group”, National Authority of Evaluation of the Educational System, Higher Education Council Morocco, Juillet.
- [14] Benaabdelaali W., Hanchane S. & kamal A.,(2012), “Human Capital Inequality and Economic Development: New Evidence from Nonparametric, and Semi parametric Panel Data Models, 1955-2010”, National Authority of Evaluation of the Educational System, Higher Education Council Morocco, Janvier.
- [15] Benaabdelaali W., Hanchane S. & kamal A., 2011, “les inégalités du capital humain au Maroc ». Document de travail, Association Marocaine des Sciences Economiques AMSE, WP N° 2012-10.
- [16] Borensztein E. ,De Gregorio J. & Lee JW., (1994), “How does foreign investment affect economic growth ? ”, IMF Working paper, n° 94/110,20p.
- [17] Brahimi Mansouri (2009), « effets des IDE et de l'ouverture commerciale sur la croissance économique au Maroc” ; Centre de conférences des Nations Unies • Addis-Abeba, Éthiopie novembre 2009.
- [18] Bourguignon F. (1993), “croissance, distribution et ressources humaines: comparaison internationale et spécificités régionales”, Revue d'Economie du Développement, n°4/1993, p 4-35.
- [19] Borensztein E., De Gregorio J. & Lee JW., (1994), “How does foreign investment affect economic growth?”, IMF Working paper, n° 94/110, 20 p.
- [20] Caselli, F., G. Esquivel & F. Lefort (1996), “Reopening the Convergence Debate: A New Look at Cross-Country Growth Empirics”, Journal of Economic Growth, 363-389.
- [21] Castelló A.,(2008), “On the Distribution of Education and Democracy”, Journal of Development Economics 87: 179–190.
- [22] Castelló A., Doménech R.,(2002), “Human Capital Inequality and Economic Growth: Some New Evidence”, The Economic Journal, 112(478): 187–200.
- [23] Castelló-Climent, (2011), “Channels through Which Human Capital Inequality Influences Economic Growth”, Institute of International Economics, University of Valencia pages 293-321

- [24] Cooray A., (2010), "The Role of Education in Economic Growth", Department of Economics, University of Wollongong, Working Paper 14-10, 28.
- [25] D'Autume A. & Michel P., (1994), "Education et croissance, *Revue d'économie politique*", 104 (4), Juillet-Aout, p. 457-499.
- [26] Darreau P., (2003), "Croissance et politique économique", Université de Limoges, Août.
- [27] Dessus S., (2000) : "Capital humain et croissance : le rôle retrouvé du système éducatif " Institut D'Economie Publique (IDEP), Economie publique, p 95-114, Février, Paris.
- [28] Dessus Sébastien & Herrera Rémy, (1999), "Capital public et croissance : une étude en économétrie de panel". In: *Revue économique*, volume 50, n°1., pp. 113-126.
- [29] De la Croix D., and Doepke M., (2002), "Inequality and Growth: Why Differential Fertility Matters" *American Economic Review*, vol. 93 pages 1091–1113.
- [30] Domar E.D (1946), "capital expansion, rate of growth and employment", *Econometrica*, vol 14, p 137-147.
- [31] Easterly W., 2001 : "Les pauvres sont-ils condamnés à le rester ? ", traduit de l'américain par Aymeric Piquet-Gauthier, éditions d'Organisation, groupe Eyrolles (2006), (l'édition original de ce livre a été publiée aux Etats-Unis sous le titre *The Elusive Quest For Growth*, par The MIT Press (2001).
- [32] Gerhard Glomm and B. Ravikumar, (1992), "Public versus Private Investment in Human Capital: Endogenous Growth and Income Inequality", Source: *The Journal of Political Economy*, Vol. 100, No. 4, pp. 818-834, Published by: The University of Chicago Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2138689> Accessed: 04/08/2010 08:44.
- [33] Grossman G. & Helpman E. (1991), « Trade, Knowledge spillovers, and growth », *European Economic Review*, 35, p. 517-526.
- [34] Gurgand M., (2000) : « Sait-on mesurer le rôle économique de l'éducation ? », *Revue française d'économie*, vol. 15, n°2, pp.121-156.
- [35] Harrod R.F., (1939), "An essay in Dynamic theory", *Economic Journal*, Vol 49, p 14 -33.
- [36] Temple J., (2001), "Growth effects of education and social capital in the OCDE countries", *OECD Economic Studies* No. 33, 2001/II.
- [37] Krueger A & Lindahl M (2001), "Education and Growth: Why and for Whom?", 22 *Journal of Economic Literature*, 39, 1101-1136.
- [38] Kyriacou G., (1991): "Level and Growth effects of Human Capital, A cross-country study of the convergence hypothesis", Mimeo, NYU, May.
- [39] Lau L., Jamison D. & Louat F. (1990), "Education and Productivity in Developing Countries: an Aggregate Production Function approach", *World Bank Working Paper Series* 612.
- [40] Lau L., Jamison D., Liu S-C & Rivkin S. (1993), "Education and economic growth some cross sectional evidence from Brazil", *Journal of Development Economics*, 1993, vol. 41, issue 1, pages 45-70
- [41] Lucas R.E., (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol 22, pp. 3-42.
- [42] Lopez-Acevedo G., (2006), "Mexico: Two Decades of the Evolution of Education and Inequality." *Policy Research Working Paper Series*, 3919, the World Bank.
- [43] Lopez R, Thomas V. & Wang Y., (1998): "Addressing the education puzzle: The distribution of education and economic reforms", *World Bank Working Paper* n°. 2031.
- [44] Mankiw N.G., Romer D. & Weil D.N. (1992), "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, May, 407-437.
- [45] Morrison C. and Murtin F., (2010), "The Kuznets Curve of Education: A Global Perspective on Education Inequalities", Published by Centre for the Economics of Education London School of Economics, Houghton Street, London WC2A 2AE.
- [46] Nath, H. K., (2004), "Trade, Foreign Direct Investment and Growth: Evidence from Transition Economies", paper prepared for the 51st Annual North American Meeting of the Regional Science Association International.
- [47] Rasera Jean-Bernard, (1999) : "L'économie de l'éducation et la question du développement", in "Administrer, gérer, évaluer les systèmes éducatifs" une encyclopédie pour aujourd'hui sous la direction de Paul Jean-Jacques, ESF éditeur, Paris, p : 319-350.
- [48] Roubini N. & Sala-i-Martin X., (1991), « Financial repression and economic growth », *Journal of Development Economics*, n°39, p 5-30.
- [49] Romer P., (1986), "Increasing Return and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, vol 94, October, n°5, pp. 1002-1037.
- [50] Romer P., (1990), "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, vol 95, pp. 71- 102.
- [51] Solow R.M., (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol 70, février, pp. 65-94.

- [52] Solow R.M., (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", The Review of Economics and Statistics, vol 39, Août.
- [53] Ojo O. & Oshikoya T., (1995), "determinants of long term growth: some African results", Journal of African Economies, Vol 4 n°2, p 163-191.
- [54] Otani I. & Villanueva D., (1990), " long term growth in developing countries and its determinants: An empirical analysis. World Development, Vol 18 n°6, p 769-783.
- [55] Pritchett L., (2001): « Where Has all the Education Gone ? » World Bank Economic Review 15:3, 367-391.
- [56] Saggi, K., (2000), "Trade, Foreign Direct Investment and International Technology Transfer", A survey, World Bank Working Paper Series in International Economics, N°2349.
- [57] Thomas V., Wang Y., Fan X., (2001), " Measuring Education Inequality: Gini Coefficients of Education" Policy Research Working Paper, N°. 2525, World Bank Institute.
- [58] Thomas V., Wang Y., Fan X., (2003), "Measuring education inequality: Gini Coefficients of Education for 140 countries (1960–2000)", Journal of Education Planning and Administration, 17(1): 5–33.
- [59] Vimard Patrice, (2008), « Entre croissance démographique et retards socio-économiques : quelles politiques de développement pour l’Afrique subsaharienne ? », la lettre du Laboratoire population environnement développement, n°17, décembre.
- [60] Villanueva D., (1994), "Openness, Human Development, and Fiscal Policies: Effects on Economic Growth and Speed of Adjustment", Staff Papers (International Monetary Fund) Vol. 41, No. 1 (Mar., 1994), pp. 1-29.

ANNEXES

ANNEXE I : LISTE DES PAYS DE NOTRE ÉCHANTILLON

Pays en développement à revenu faible

Bangladesh, Benin, Burundi, Central African republic, Congo, Gambia, Kenya, Malawi, Mali Mozambique, Népal, Niger, Rwanda, Sierra Leone, Togo, Uganda, Zimbabwe.

Pays en développement à revenu moyen

Bolivia, Cameroun , Congo République, Égypte, El Salvador, Ghana, Guatemala, Honduras, India, Indonésie, Mauritanie, Mongolia, Morocco, Nicaragua, Pakistan, Philippines, Sénégal, Sri Lanka, Soudan, Swaziland, Syrie, Zambia, Albani, Algérie, Argentina, Botswana, Brazil, Colombie, Costa Rica, République dominicaine, Ecuador, Fiji, Gabon, Iran, Jamaica, Jordan, Malaysia, Maurice, Panama, Peru, Thaïlande, Tunisie, Turkey, Venezuela.

Pays en développement à revenu élevé

Bahrain, Chile, Trinidad & Tobago, Uruguay.

ANNEXE II:

*Rappel des estimateurs du modèle à effets fixes***Estimateur Within :**

Le terme «Within» s'explique par le fait que cet estimateur tient compte de la variance intra groupe de la variable endogène. Dans la pratique, l'estimateur intra-individuel ou Within est obtenu à partir d'un modèle transformé où les différentes variables du modèle sont centrées par rapport à leurs moyennes individuelles, les effets individuels sont donc éliminés et l'estimateur de MCO peut être utilisé sur les nouvelles variables. Ainsi, on obtient l'estimateur Within en utilisant le modèle transformé suivant :

$$\tilde{y}_{it} = \sum_{k=1}^K \beta_k \tilde{x}_{kit} + \tilde{\varepsilon}_{it}$$

$$\text{Avec } \tilde{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i, \tilde{x}_{kit} = x_{kit} - \bar{x}_{ki}, \tilde{\varepsilon}_{it} = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i. \text{ On note que } \bar{y}_i = \frac{1}{T_i} \sum_{t=1}^{T_i} y_{it}.$$

Où les termes $\bar{y}_i$ et $\bar{x}_i$ désignent les moyennes individuelles des variables endogènes et exogènes. L'estimateur sans biais du modèle est :

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{x}_{i,t} \tilde{x}_{i,t}' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{x}_{i,t} \tilde{y}_{i,t} \right] \\ &= \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_i) (x_{i,t} - \bar{x}_i)' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_i) (y_{i,t} - \bar{y}_i) \right] \end{aligned}$$

Estimateur Between :

L'estimateur Between ou l'estimateur inter-individuel consiste à utiliser un ajustement MCO non plus sur les valeurs brutes mais plutôt sur les moyennes individuelles des variables explicatives et la variable expliquée. Ainsi, on obtient l'estimateur Between en se basant sur le modèle suivant :

$$\bar{y}_i = c + \beta \bar{x}_i + \bar{\varepsilon}_i (\forall i = 1 \dots N)$$

Cet Estimateur s'intéresse plus aux différences permanentes entre les pays en négligeant les différences conjoncturelles. C'est pour cela, on calcule les moyennes associées à chaque individu, ensuite on effectue une régression par les moindres carrés ordinaires (MCO) sur le un modèle où les variables expliquées et explicatives sont exprimées par leurs moyennes individuelles. L'estimateur sans biais du modèle est :

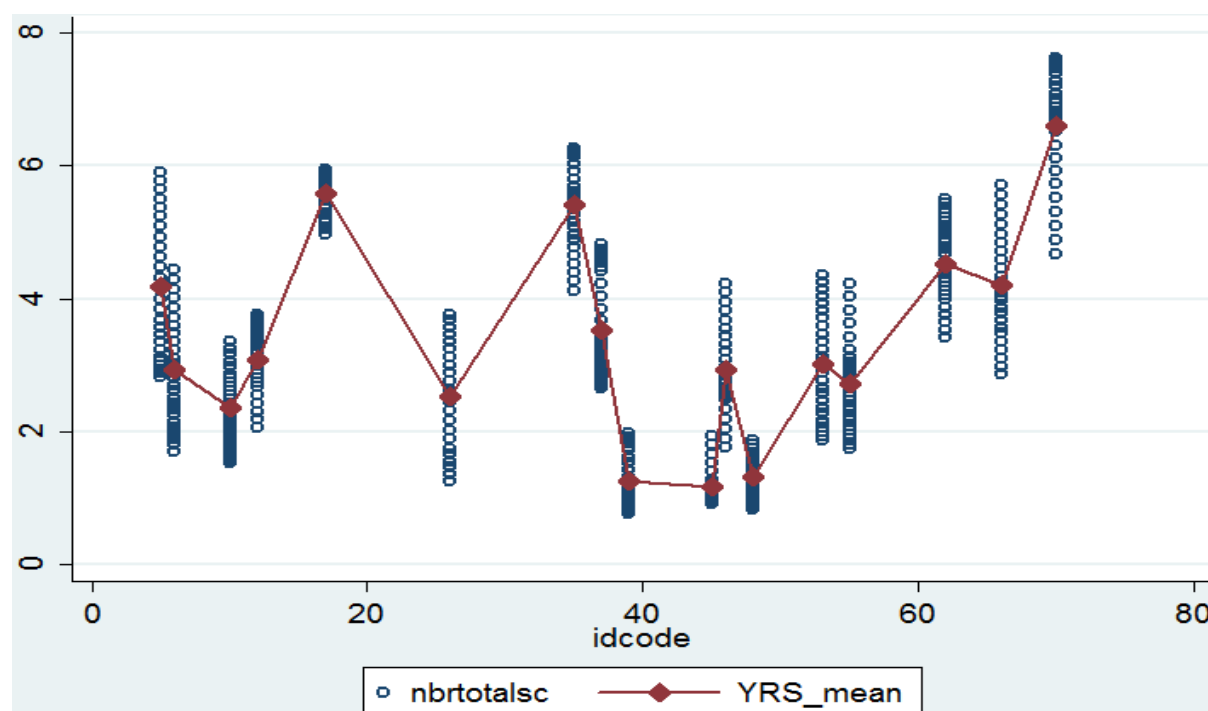
$$\hat{\beta}_{BE} = \left[\sum_{i=1}^N (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{y}_i - \bar{y})' \right]$$

$$\text{Avec } \bar{x} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T x_{it} \quad \text{et } \bar{y} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T y_{it}$$

L'estimateur Between est envisageable lorsque la variabilité intra-individuelle de la variable endogène (Y) est négligeable. Néanmoins, cet estimateur ne peut être utilisé dans le cas où les statistiques sur X et Y indiquent une forte variabilité dans le temps, car l'un des inconvénients associés à cet estimateur dans ce cas est qu'il conduit à une réduction du nombre d'observations puisqu'on remplace chaque x_{kit} par sa moyenne individuelle $\bar{x}_{ki}$ ce qui peut avoir des conséquences notamment la perte d'efficacité de l'estimateur.

ANNEXE III :

LA TENDANCE DU NOMBRE MOYEN D'ANNÉE DE SCOLARITÉ POUR LES PAYS À FAIBLE REVENU SUR LA PÉRIODE 1985-2010 :



ANNEXE IV : LES TESTS DU CHOIX ET ROBUSTESSE DU MODÈLE

Type des Tests	Valeurs de la statistique	degré de significativité
Test de Breusch Pagan	16088.85	0.0000
Test de Hausman	36.76	0.0000
Test de Wald (Fisher)	28099.19	0.0000

Le choix des paquets technologiques des fertilisants organiques et minéraux pour rentabiliser la culture du maïs au Sud-Kivu: Un état de lieu de la recherche dans les territoires de Kalehe et plaine de la Ruzizi en RDC

[The choice of technology package of chemical and organic fertilizers to improve maize yields and economic returns in South Kivu region: A research carried in Ruzizi plain and Kalehe territories of South Kivu, DRC]

Rodrigue BAHATI¹, Walangululu MASAMBA², and Grant BULANGASHANE²

¹Departement de Sciences économiques, Option Economie rurale, Université Catholique de Bukavu,
Ville de Bukavu, RD Congo

²Departement de Sciences Agronomiques, Université Catholique de Bukavu,
Ville de Bukavu, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The main purpose of this paper was to analyze recommendable technology package combining mineral and organic fertilizer that lead to agronomic and economic efficiency at farmer level. The test on six demonstration plots led to the conclusion that the treatment combining (15Kg N+15Kg P+10Kg K + 10Metric Tons of organic matter) is efficient in Kalehe territory and Ruzizi plain because gives higher yields in terms of maize production with an average 5.3 MT of maize in Kalehe territory and 3.3MT in Ruzizi plain. Difference in yields for the two zones is mainly explained by the difference of potentials of soil productivity and production costs. Treatment combining (15Kg N+15KgP+10Kg K + 10MT Om) is the most productive in terms of additional yields that increases between 50 and 70% for Kalehe and between 15 and 36% in Ruzizi plain. On the economic aspect profitability of the same treatment (15Kg N+15KgP+10Kg K + 10 MT Om) is the highest in both zones Kalehe and Ruzizi plain. Average gross additional income attributable to the treatment combining the fertilizer package here above mentioned is 3,285\$ per season and per hectare in Kalehe while the gross income attributable is 1,684\$ in Ruzizi plain zones. Treatment (90KgN+30kgP+15kg K + 10MT om) is economically the most profitable in Ruzizi plain with 1,735 \$/ha/harvest season. Estimated rate of financial return of treatment (15Kg N+15KgP+10Kg K + 10 MT Om) is 1.4 in Biriba, 2.8 in Kalehe-centre and 3.8 in Muhongoza. For treatment (90Kg N+30KgP+15KgK + 10MT of Om) the rate of financial return is 2 in Kiliba and 0.75 in Runingu for treatment (45KgN+15KgP+10Kg K + 10 MT of Om). It comes to the conclusion that technology package combining organic and mineral fertilizers increases significantly agronomic and economic efficiency. For farmers to increase yields and generate higher income these technology package are highly recommendable indeed.

KEYWORDS: Economic efficiency, agronomic efficiency, yield, fertilizers, production.

RESUME: L'objectif principal de cet article était de déterminer quel est le paquet technologique d'engrais chimiques et organiques qui répond à l'efficacité agronomique et économique au niveau des fermiers. Les essais de démonstration sur 6 parcelles dans les territoire de Kalehe et dans la plaine de la Ruzizi dans le Sud-Kivu, en RD Congo ont abouti aux conclusions selon lesquelles : le paquet technologique composé de (15Kg N+15KgP+10Kg K+10 tonnes de matières organiques) sur ha est le plus efficient sur le plan agronomique et économique dans les deux axes d'étude où ce paquet donne plus des rendements additionnels avec une moyenne de 5,3 tonne de maïs à l'ha dans le territoire de Kalehe et de 3,3ha dans la plaine de la Ruzizi. La différence des rendements est expliquée par la différence des dotations en potentiels naturels de nutriments des sols. Ce

paquet technologique accroît entre 50 et 70% le niveau de rendements du maïs dans le territoire de Kalehe et entre 15 et 36% dans la plaine de la Ruzizi. Sur le plan économique, ce même traitement présente une rentabilité financière plus élevée et contribue significativement aux revenus additionnels des ménages agricoles avec un revenu brut additionnel de 3,285\$ à Kalehe et 1685\$ dans la plaine de la Ruzizi. Le paquet technologique composé de (90Kg N+30KgP+15KgK + 10 tonnes mo) est économiquement plus rentable dans la plaine de la Ruzizi avec un ratio de rentabilité de 1,735\$/ha et par saison. Par contre à Kalehe le paquet (15KgN+15KgP+10KgK + 10 t mo) est plus rentable à Kalehe avec un ratio de rentabilité de 3,8 à Muhongoza et 2,8 à Kalehe centre. A Kiliba et Runingu dans la plaine de la Ruzizi seul le paquet technologique (45KgN+15KgP+10Kg K + 10t mo) présente un taux de rentabilité égal à 2 et 0,75 respectivement dans les deux sites. Il revient à conclure que pour augmenter les rendements et atteindre l'efficacité sur le plan agronomique et économique, il est fortement recommandable aux ménages agricoles d'utiliser les paquets technologiques combinant les engrais minéraux et organiques dans le contexte de Kalehe et la plaine de la Ruzizi.

MOTS-CLEFS: Efficacité économique, efficacité agronomique, rendement, fertilisants, production.

1 INTRODUCTION

La revue de la littérature des nombreuses études menées sur la problématique de la baisse des rendements agricoles au Sud-Kivu souligne en plus de la dégradation continue des sols l'importance de la faible vulgarisation et application des bonnes pratiques agricoles pour remédier à ce défi.

Aujourd'hui, le faible niveau de rendements agricoles constitue un défi majeur auquel sont confrontés les agriculteurs du Sud-Kivu pour qui, les activités agricoles constituent la principale source de revenu et de survie des ménages. Selon les résultats des enquêtes 1-2-3, analysés par Bahati (2009), 82% de la population du Sud-Kivu vivent en dessous du seuil de pauvreté alimentaire¹ avec pour causes majeures la baisse des rendements agricoles et la faiblesse des revenus des ménages.

Les résultats d'une étude socioéconomique menée en 2011 par le projet VLIR ont démontré que 74% de producteurs des cultures vivrières ont un faible niveau de connaissance sur l'application des bonnes pratiques agricoles et une faible proportion, environ 12% utilisent des microdoses d'engrais pour la fertilisation de leurs parcelles.

Le faible niveau d'application des engrais minéraux et organiques est un facteur déterminant de la baisse des rendements agricoles et plus particulièrement de l'accroissement des importations des produits alimentaires de première nécessité comme le maïs, la céréale la plus cultivée et la plus consommée dans la ville de Bukavu et autres provinces de la RDC.

Bien que le maïs représente la céréale la plus cultivée au Sud-Kivu, les rendements obtenus par les paysans demeurent faibles, avec une moyenne nationale qui varie entre 0,8 à 1 tonne par hectare. Cette situation serait principalement due à la faible utilisation des variétés améliorées, et à la faible fertilité des sols acides caractéristiques de la région (SANGINGA et al., 2001). Par ailleurs, les agriculteurs font face à une dégradation accélérée des sols qui entraîne une chute continue de leur fertilité. Cette situation est exacerbée par la sous-utilisation des engrais minéraux, due au faible revenu des agriculteurs (IFDC-Catalist, 2010).

La dégradation accélérée des sols de la région, due principalement à l'érosion hydrique des sols et la non restitution des éléments nutritifs exportés lors de la récolte, constituent une des causes principales qui font que les engrais minéraux, une fois appliqués, ne sont pas utilisés d'une manière efficace par les cultures (MUKENGERE, 2010). Ceci s'explique en partie par la faible capacité de ces sols à retenir les éléments nutritifs et l'eau du sol et à les rendre disponibles pour la culture au moment opportun. Des essais diagnostics et stratégiques réalisés dans la région, notamment à Kalehe et dans la plaine de la Ruzizi, prouvent à suffisance que l'application de fortes doses de fertilisants n'implique pas toujours une meilleure utilisation par les plantes, les rendements obtenus par ces fortes doses n'étant pas aussi différents de ceux obtenus par l'utilisation de doses faibles et moyennes.

¹ Selon Ravallion et Bidani, 1996, ce seuil détermine un niveau de revenu moyen permettant à un individu d'acquiescer au prix du marché, les aliments qui respectent ses habitudes de consommation par jour et qui assurent un régime alimentaire minimal équilibré. Un seuil de 1\$ fixé par la banque mondiale a été une référence dans l'analyse.

De ce fait, l'une des pistes de solution en vue d'accroître l'efficacité agronomique des fertilisants minéraux et par la même occasion, améliorer la rentabilité de leur utilisation serait de mettre en place un paquet technologique comprenant à la fois l'utilisation de la matière organique, l'application des micro-doses de fertilisants minéraux ainsi que le fractionnement de leurs apports (PYPERS et al., cités par MUKENGERE, 2010).

Le présent article est présenté dans le but de déterminer l'efficacité tant agronomique qu'économique de différentes doses de fertilisants minéraux en culture du maïs dans le territoire de Kalehe et dans la Plaine de la Ruzizi.

D'une manière plus spécifique, il a été question de tester l'hypothèse selon laquelle l'efficacité tant agronomique qu'économique des fertilisants pourrait être améliorée d'une manière significative par l'utilisation de la matière organique couplée au fractionnement des apports minéraux. L'essentiel de l'étude a donc été de :

- A. déterminer l'efficacité agronomique des différentes doses d'engrais NPK en culture du maïs dans les deux sites;
- B. subséquemment, déterminer leur efficacité économique;
- C. enfin, trouver la meilleure combinaison de doses d'engrais NPK considérée comme optimale en termes de dépenses d'engrais et de volume de production.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES NOTIONS D'EFFICACITÉ AGRONOMIQUE ET ÉCONOMIQUE

2.1 NOTION D'EFFICACITÉ DES ENGRAIS

L'efficacité agronomique des fertilisants est définie comme étant le rapport entre le rendement supplémentaire obtenu grâce à l'utilisation des engrais et la quantité d'engrais apportée (PRASAD, 2009). Elle comporte diverses variantes, entre autres le facteur de productivité partielle des fertilisants, l'efficacité de redressement, ou encore l'efficacité physiologique.

Le facteur de productivité partielle de fertilisants (FPPF), défini comme étant le rapport entre la quantité récoltée et la quantité de nutriments apportée au sol, peut être déterminé dans le cas d'un seul nutriment ou dans celui d'une combinaison de nutriments. Ce facteur, qui a été introduit récemment, ne nécessite pas de parcelle témoin. Cette expression permet la comparaison de l'efficacité agronomique d'utilisation des fertilisants dans différents pays ou dans différentes régions du pays. Elle est très importante dans la comparaison des avantages de l'utilisation des fertilisants dans les expérimentations sur le tillage, l'irrigation, le contrôle de mauvaises herbes, etc.... et dans lesquelles une parcelle témoin n'est pas typiquement prévue (PRASAD, 2009).

D'autre part, l'efficacité de redressement (RE), c'est-à-dire le pourcentage de nutriments absorbé par la culture, et l'efficacité physiologique sont déterminées pour des nutriments spécifiques. Parfois, l'efficacité de redressement peut être l'efficacité de redressement apparente, ou l'efficacité de redressement réelle. Cette dernière est déterminée à l'aide des isotopes ^{15}N pour l'azote et ^{32}P pour le phosphore. Quant à l'efficacité de redressement apparente, elle est utilisée par les scientifiques du sol et de l'environnement pour trouver la part de nutriments absorbés par la culture et la part responsable de la pollution environnementale (TANDON, 2004).

L'efficacité physiologique (EP), définie comme étant le rapport entre le rendement obtenu lors de la récolte et la quantité de nutriments absorbée par la culture, est utilisée par les physiologistes et ceux qui pratiquent les croisements des plantes dans l'étude de l'efficacité de différentes cultures ou des différents cultivars d'une espèce en utilisant les nutriments absorbés. L'efficacité physiologique est actuellement définie comme le rapport EA (efficacité agronomique d'utilisation des fertilisants)/ER (efficacité de redressement).

2.2 MOYENS D'ACCROÎTRE L'EFFICACITÉ D'UTILISATION DES FERTILISANTS ET/OU DES NUTRIMENTS

Le rendement des cultures s'avère, tant directement qu'indirectement, le numérateur dans toutes les expressions de l'efficacité d'utilisation des fertilisants et/ou des nutriments. Ainsi, la culture, le sol et les facteurs agronomiques qui augmentent le rendement des cultures sont donc susceptibles d'accroître l'efficacité agronomique d'utilisation des fertilisants et/ou des nutriments. Ce sont entre autres les variétés et systèmes culturaux, la gestion des sols et des cultures.

2.2.1 ÉLÉMENTS FERTILISANTS ET LEUR MODE D'APPLICATION

- *Éléments fertilisants* : les fertilisants azotés sont fortement solubles, ce qui conduit à des pertes considérables dues au lessivage dans les conditions de hautes terres, et à la dénitrification dans les situations de terres basses. Cependant, des efforts ont été consentis pour développer des fertilisants azotés à faible pouvoir de libération des fertilisants.

Malheureusement, le coût de ces fertilisants est parfois le double ou le triple du coût des fertilisants conventionnels, voire même plus, ce qui les rend inaccessibles à la majorité des agriculteurs.

- *Moment d'application* : sous les conditions d'irrigation, le fractionnement des apports d'azote est une méthode reconnue pour l'augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'azote et la littérature s'accorde abondamment sur ce sujet (PRASAD, 2007). Ce fractionnement est principalement désirable lorsque les plants absorbent de très petites quantités d'azote par hectare et par jour. Pour la plupart, le phosphore et le potassium sont apportés au semis ou à la transplantation, même s'il est dit que le phosphore peut être apporté après la première irrigation dans la culture du blé, et dans ce cas, il ne peut plus être apporté au semis (SINGH, 1985).
- *Mode d'application* : des données considérables existent sur les avantages d'une application de fertilisants en profondeur en vue d'accroître leur efficacité. Concernant l'azote par exemple, une application en profondeur augmente considérablement l'efficacité d'utilisation de l'azote.

2.2.2 FERTILISATION NPK ÉQUILBRÉE ET GESTION SPÉCIFIQUE DES NUTRIMENTS BASÉE SUR UN SITE

Parfois, les agriculteurs ont tendance à appliquer uniquement les fertilisants azotés sur leurs cultures. Pourtant, l'efficacité d'utilisation de l'azote peut être fortement accrue par une fertilisation phosphatée et potassique adéquate. Aussi, une application adéquate des oligoéléments dans les sols déficients augmente automatiquement l'efficacité d'utilisation des fertilisants NPK (JOHN et *al.*, 2006). Les déficiences très répandues des sols en Soufre, Zinc et Bore ont conduit à l'évolution de la Gestion des nutriments basée sur un site spécifique (SINGH et *al.*, 2008). D'une manière simple, la Gestion spécifique des nutriments basée sur un site (Site Specific Nutrient Management ou SSNM en anglais) implique une analyse du sol pour tous les nutriments essentiels pour la plante et développer des recommandations basées sur ces analyses du sol. Cette gestion accroît l'efficacité agronomique de tous les nutriments apportés.

2.3 EFFICACITÉ AGRONOMIQUE DES FERTILISANTS ET ENVIRONNEMENT

Nombreuses littératures montrent qu'il existe une responsabilité globale sur l'effet de l'abus de fertilisants, surtout l'effet des fertilisants azotés sur l'environnement. Une partie de ces fertilisants est perdue sous forme de gaz NH_3 , N_2 , et NO_x qui affectent négativement l'environnement. L'ammoniac, après oxydation en nitrates, contribue également à l'acidification du sol, pendant que d'autres nitrates et nitrites interviennent dans la réduction de la couche d'ozone. Une autre partie de fertilisants azotés est lessivée sous forme de nitrates et contamine les ressources en eaux souterraines (BIJAI-SINGH et *al.*, 1995), ce qui conduit à des risques sanitaires telle que la méthémoglobinémie. D'après AGRAWAL et *al.*, (1999), l'irrigation sans drainage artificiel augmente la pollution aux nitrates des eaux souterraines, surtout dans les plaines uniformes et faiblement drainées.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

La méthodologie de recherche pour cet article s'est basée sur une approche expérimentale et documentaire de collecte des données dans les territoires de Kalehe et d'Uvira. Les données utilisées sont celles collectées dans le cadre du projet VLIR dont le but a consisté à promouvoir la gestion intégrée de la fertilité de sols par l'utilisation des microdoses d'engrais dans le Kivu.

L'expérimentation faite a été réalisée dans 3 sous-sites à Kalehe (Kasheke, Kalehe-Centre et Muhongoza) et dans 3 autres sous-sites dans la plaine de la Ruzizi (Kiliba, Runingu et Biriba) au cours de la saison culturale A (de septembre à décembre 2014). Le choix des sites était dicté par le fait que le territoire de Kalehe et la plaine de la Ruzizi sont deux zones potentiellement productrices de maïs dans la province du Sud-Kivu et sont parmi les sites d'action du projet VLIR.

3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Des essais multi-locaux avec 6 traitements par essai avaient été installés dans les différents sous-sites qui ont fait l'objet de l'étude. Les différents traitements étaient répartis dans les différentes parcelles telles que le montre la figure 1.

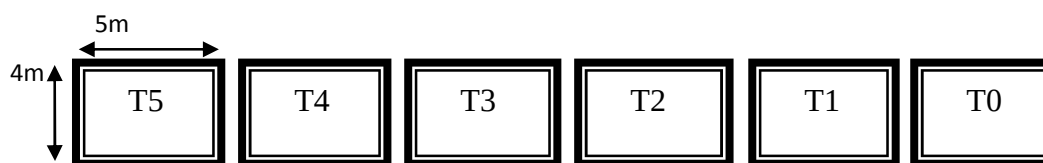


Figure 1: Dispositif expérimental

Légende : T0 (NPK 0-0-0) ; T1 (NPK 15-15-10 + 10t mo) ; T2 (NPK 45-15-10 + 10t mo) ; T3 (NPK 90-30-15 + 10t mo) ; T4 (NPK 120-50-40 + 10t mo) ; T5 (NPK 0-0-0 + 10t mo).

Les traitements T2 (micro-dose) et T4 représentent des doses déjà utilisées dans les essais diagnostics et stratégiques conduits dans le cadre du projet VLIR, tandis que T1 représente la dose inférieure à la micro-dose, et T3 une dose supérieure à la micro-dose et celle couramment recommandée pour la culture de maïs (FAO, 2006).

3.2 PARAMÈTRES DE MESURE DU RENDEMENT ET EFFICIENCE AGRONOMIQUE DES FERTILISANTS

Le principal paramètre observé en vue de la détermination de l'efficacité agronomique des fertilisants c'est le rendement. La détermination du rendement était basée sur les calculs du nombre d'épis par plant, de la longueur et la grosseur des épis, du nombre de lignes par épis, du nombre de graines par ligne et par épis, et du poids de 100 grains. La formule utilisée est la suivante :

$$Rdt = \frac{\left[\frac{(Poids\ 100grains * Nbre\ grains/épis)}{100} \right] * Nbre\ épis/plant * Densité}{1000}$$

Avec Rdt = Rendement grains (en kilogrammes/hectare)

1000 = facteur de correction pour passer du gramme au kilogramme (CUBAKA, 2012).

L'efficacité agronomique d'utilisation des fertilisants avait été déterminée au sein de chaque parcelle individuelle représentant un type de traitement à l'aide de la formule donnée par BARBER, (1976):

$$EA_{NPK} = \frac{Effet\ NPK}{D_{NPK}}$$

Avec :

- EA_{NPK} = Efficacité agronomique d'utilisation des fertilisants NPK (en kg/kg);
- **Effet NPK** = le rendement supplémentaire obtenu grâce à l'application des engrais NPK ;
- D_{NPK} = Dose d'engrais NPK appliquée.

Cependant, du fait qu'il est toujours difficile de comparer les effets de différents nutriments apportés par des fertilisants NPK d'origines différentes (on ne peut pas additionner 1kg d'azote provenant de l'urée avec 1kg de P_2O_5 provenant du TSP, ni de 1kg de K_2O provenant de KCl), on a exprimé les nutriments N, P et K en unités ayant des significations similaires en rapport avec la croissance des cultures et l'efficacité des nutriments.

Ces unités s'appellent **Crop Nutrient equivalents** ou CNE en anglais et signifient « la quantité du nutriment prélevée par la culture et qui, en situation d'une nutrition équilibrée, possède le même effet sur le rendement que celui du prélèvement d'1kg d'azote (JANSSEN, 2009).

Le tableau 4 dresse les différents facteurs de conversion pour traduire 1kg de fertilisants N, P_2O_5 et K_2O en équivalents nutritifs des fertilisants pour différentes cultures:

Le tableau suivant présente les Facteurs de conversion d'1kg de fertilisants N, P_2O_5 et K_2O en équivalents nutritifs des fertilisants pour quelques cultures.

Tableau 1 : Facteurs de conversion des fertilisants NPK

Cultures	1 kg équivaut à		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Tubercules	1	0,58	0,56
Céréales	1	0,6	1,03
Riz irrigué	1	0,56	1
Légumineuses (haricot, pois, ...)	1	0,87	1,4
Arachides (graines)	1	1,69	3,85

Ainsi, l'efficacité agronomique des fertilisants NPK se calcule de la manière suivante :

$$EA_{NPK} = \text{Effet NPK} / D_{NPK}$$

Avec D_{NPK} = la somme des quantités apportées de fertilisants N, P₂O₅ et K₂O exprimés en termes d'équivalents nutritifs des fertilisants des cultures.

Donc, pour le maïs (céréale), on aura :

$$D_{NPK} = D_N \times 1,00 + D_{P_{2O_5}} \times 0,60 + D_{K_{2O}} \times 1,03$$

Alors, le tableau de doses utilisées devient (tableau 2):

Tableau 2: Doses NPK reconverties en équivalents nutritifs des fertilisants pour la culture du maïs (céréale)

Traitements	N	CNE N	DN	P	CNE P	DP _{2O5}	K	CNE K	DK _{2O}	DNPK
T0	0		0	0		0	0		0	0
T1	15		15	15		9	10		10,3	34,3
T2	45	1	45	15	0,6	9	10	1,03	10,3	64,3
T3	90		90	30		18	15		15,45	123,45
T4	120		120	50		30	40		41,2	191,2
T5	Application de la matière organique uniquement (10tonnes/ha)									

3.3 DÉTERMINATION DU RAPPORT EA/EAMAX ET JUGEMENTS SUR L'APPLICATION DES DOSES D'ENGRAIS

Subséquent au calcul de l'efficacité agronomique des fertilisants, il existe des valeurs supposées maximales pour les efficacités agronomiques des fertilisants N, P₂O₅ et K₂O pour des cultures telles que les céréales, les tubercules et les légumineuses. Pour le maïs et d'autres céréales, la valeur $EA_{max}N=35$, $EA_{max}P_{2O_5}=21$ et $EA_{max}K_{2O}=36$.

Ainsi, le rapport EA/EA_{max} permet d'aboutir à des conclusions d'ordre pratique énumérées dans le tableau 3:

Tableau 3: Appréciation du rapport EA/EA_{max} ainsi que les conclusions qui en découlent

Rapport EA/EA_{max}	Appréciation du rapport EA/EA_{max}	Jugement niveau d'application des fertilisants	Conclusion sur l'application des fertilisants
Si > 0,6	Elevé	Très faible	augmenter
Si 0,5 – 0,6	Optimum	Optimum	maintenir
Si < 0,5	Faible	Très élevé	diminuer

3.4 CALCUL DE L'EFFICIENCE ÉCONOMIQUE DES FERTILISANTS

L'analyse de l'efficacité économique des différentes doses d'engrais avait été effectuée dans le but d'estimer les retombées économiques des différents niveaux de productivité en fonction de différents traitements appliqués aux parcelles.

Il s'agit entre autres d'estimer le revenu brut à l'hectare sur base du rendement des cultures suivant leur valeur marchande actuelle et déterminer la contribution de chaque traitement individuel au revenu brut de la culture. La méthodologie utilisée est celle proposée par FAO (2000) :

$$RVC = \frac{\text{Valeur de l'augmentation du rendement par rapport au témoin en espèce}}{\text{Coût des fertilisants}}$$

Avec RVC = Rapport Valeur/Coût

Selon la FAO (2000), le RVC doit être au moins égal à 2 pour permettre aux paysans de couvrir les frais directs liés à l'utilisation des engrais minéraux à la ferme.

Le Revenu net (en dollars/ha) fut calculé à l'aide de la formule décrite par CIMMYT (1988):

$$RN = RB - CT$$

Avec : RN = Revenu net ; RB = Revenu brut ; CT = Coûts totaux

Le taux de rentabilité financière fut obtenu en faisant le rapport entre le revenu net et les coûts totaux. Le revenu brut a été déterminé sur base du prix d'1kg de maïs grain sur le marché local, à savoir 500FC soit 0,54\$ dans la plaine de la Ruzizi, et 0,57\$ dans le territoire de Kalehe. Les coûts des fertilisants minéraux étaient de 1,3\$/kg dans la plaine de la Ruzizi et 2\$/kg à Kalehe, tandis que le prix de 100kg de matière organique était de 1000FC soit 1,08\$ et de 600FC soit 0,65\$ respectivement dans les deux milieux.

Les coûts totaux avaient été calculés en tenant compte des différentes dépenses engagées dans tout le processus de production, c'est-à-dire de la location du terrain jusqu'aux différentes opérations post-récolte en passant par toute la main d'œuvre ainsi que les intrants utilisés, sachant qu'un homme-jour coûte 2500FC soit 2,7\$ dans la plaine de la Ruzizi contre 1500FC soit 1,6\$ dans le territoire de Kalehe.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse statistique des données expérimentales avait porté essentiellement sur l'Analyse de la Variance à trois critères de classification (ANOVA 3) pour détecter les différences entre les 6 traitements dans les 3 sous-sites intégrés chacun dans l'un de 2 sites. Pour y arriver, le modèle mixte hiérarchisé a été utilisé de manière à éviter des interactions entre un sous-site et un site ne le contenant pas. Le test ad hoc de LSD avait été utilisé pour la comparaison des moyennes chaque fois que les différences avaient été significatives. Le logiciel GenStat avait été utilisé pour cette fin.

4.1 RENDEMENT DU MAÏS

La figure 2 dresse l'évolution du rendement en fonction des différentes doses appliquées dans les différents sites et sous-sites qui faisaient l'objet de l'étude.

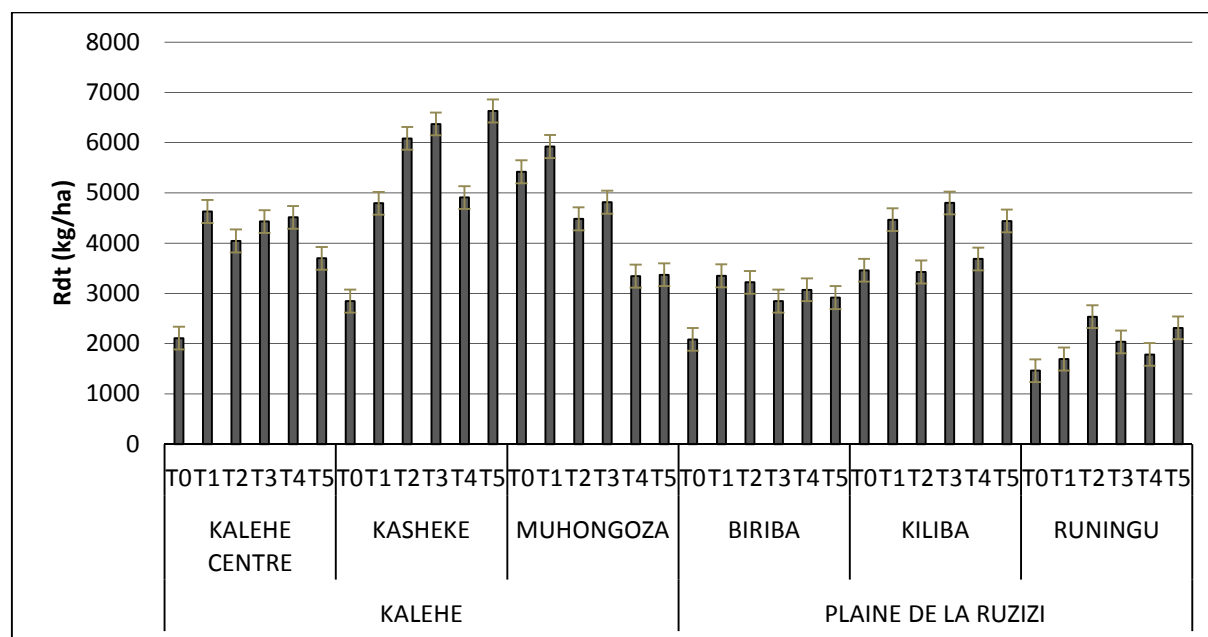


Figure 2: Rendement du maïs (kg/ha) à différents niveaux de fertilisation

Le tableau 4 montre les résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en fonction des traitements, des sites et des sous-sites.

Tableau 4: Analyse de la variance du rendement en fonction des différents traitements

Source de variation	DL	SCE	CM	F value	Pr (>F)
TRAITEMENT	5	80350297	16070059	49,01	<0,001 *
SITE	1	294917967	294917967	899,45	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE	5	18202733	3640547	11,10	<0,001 *
SITE.SOUS_SITE	4	151608580	37902145	115,60	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE.SOUS_SITE	20	92718969	4635948	14,14	<0,001 *
Residual	30	106234930	327886		
Total	35	744033475			

* : Différence hautement significative, CV = 17%

Les valeurs de P value étant inférieures à 0,05 pour les différents facteurs sources de variation, cela prouve qu'il existe des différences hautement significatives entre les rendements des différents traitements au sein d'un même sous-site et entre les différents sites et sous-sites.

La valeur élevée du coefficient de variation dans l'expression du rendement serait due au fait que la fertilité des sols est très hétérogène dans la zone d'étude et présente une grande variabilité d'une exploitation agricole à l'autre, tant au niveau local que sur l'ensemble de la région (ZINGORE et al., 2007). Du fait qu'il existe des différences significatives entre les rendements obtenus par les différents traitements au sein et entre les différents sites et sous-sites, le test de comparaison des moyennes est présenté dans le tableau 10 pour l'interaction la plus forte (interaction triple)

Le test de séparation des moyennes entre traitements a montré que les moyennes de rendement dans les sous-sites qui constituent un même site ont tendance à se retrouver dans les mêmes groupes. Ceci serait dû à l'homogénéité ou à la proximité des conditions dans lesquelles ces rendements sont obtenus.

En effet, selon MUKENGERE (2010), la réponse de la culture du maïs à l'application des engrais minéraux est fonction du type de sols dans lesquels ils sont placés. De ce fait, les moyennes obtenues présentent des similarités selon les différents sites et sous-sites.

A Kalehe, les rendements des différents traitements au sein des différents sous-sites varient entre 2000kg/ha et 7000kg/ha, ce qui donne une moyenne nettement supérieure à celle obtenue dans la plaine de la Ruzizi (entre 1000 et 5000kg/ha). La texture argileuse des sols à Kalehe et la température (19°C optimum) ainsi que les précipitations élevées seraient en grande partie responsables de cet écart considérable. Toutefois, ces rendements sont proches de ceux obtenus aux environs de Lubumbashi dans les grandes exploitations agricoles avec l'utilisation d'autres variétés améliorées et le recours à la fertilisation minérale ; ces rendements étaient de l'ordre de 4000 à 6000 Kg/ha (NYEMBO, 2010).

En examinant les variabilités dans les différents sous-sites, on s'aperçoit que les rendements les plus élevés ont été obtenus à Kasheke en territoire de Kalehe tandis que les moins élevés ont été obtenus à Runingu dans la plaine de la Ruzizi. Une fois de plus, les conditions pédoclimatiques seraient responsables de cet écart considérable. Cependant, force est de constater que les traitements à forte dose d'engrais ne sont pas nécessairement ceux qui présentent les rendements les plus élevés. En effet, d'après KINDINDA *et al.*, (2015), la productivité n'est pas toujours proportionnelle à la quantité d'engrais apportée.

4.2 RÉPONSE DU MAÏS À LA FERTILISATION

La figure 3 montre la réceptivité de la culture de maïs à la fertilisation organo-minérale. Les données brutes sont fournies en annexe 2.

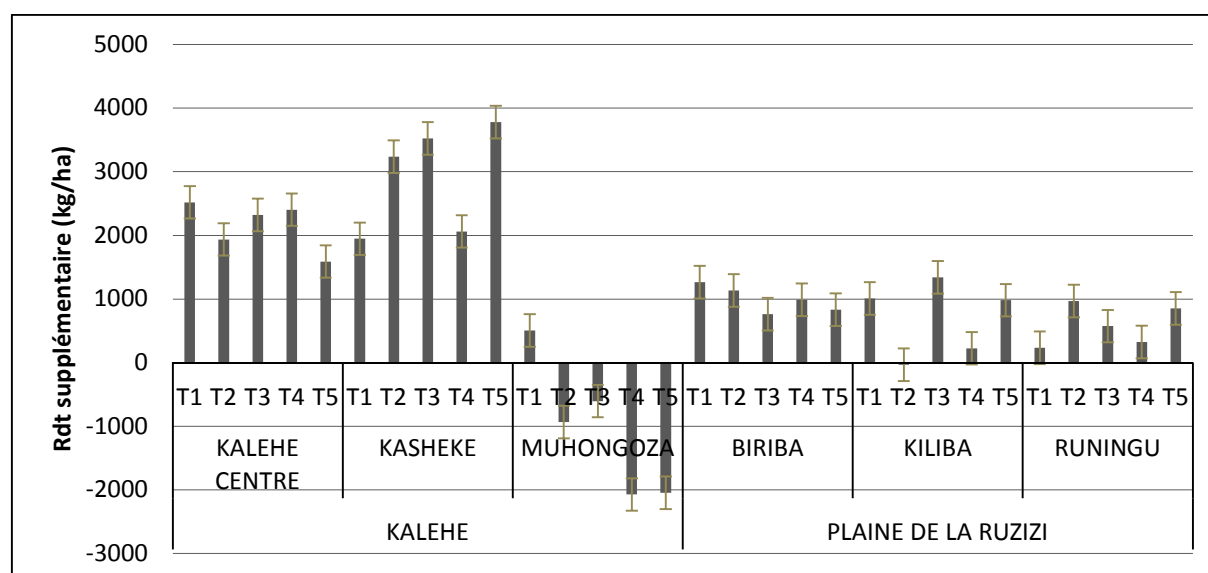


Figure 3: Rendement supplémentaire obtenu grâce à l'utilisation des engrais (en kg/ha)

L'analyse de la variance fournit les résultats tels que présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Analyse de la variance entre les rendements supplémentaires obtenus grâce à l'utilisation des fertilisants

Source de variation	DL	SCE	CM	F value	P value
TRAITEMENT	4	4925426	1231357	2,80	0,026 *
SITE	1	124033441	124033441	282,48	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE	4	8804662	2201166	5,01	<0,001 *
SITE.SOUS_SITE	4	314259764	78564941	178,93	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE.SOUS_SITE	16	64059099	4003694	9,12	<0,001 *
Residual	25	118554395	439090		
Total	29	491175409			

* : Différence hautement significative ; CV = 24,3%

En analysant la variance entre les surplus de production occasionnés par l'application des différentes doses de fertilisants, on se rend compte qu'il existe des différences hautement significatives entre les rendements supplémentaires obtenus suite à l'utilisation des fertilisants, que ça soit en fonction des traitements, des sites ou des sous-sites ($P < 0,05$).

Le coefficient de variation élevé serait dû d'abord aux différents traitements appliqués à la culture, mais aussi à la grande variabilité des conditions pédoclimatiques au sein et entre les différents sites concernés par l'étude.

Le test de séparation des moyennes des rendements supplémentaires avec $LSD=299,5$ a montré que les moyennes se regroupent encore une fois selon les sites et sous-sites, cas des sous-sites de Kasheke et de Kalehe-centre qui présentent des similarités entre eux, ou encore des moyennes de la plaine de la Ruzizi qui sont plus ou moins proches entre elles, de même que celles de Muhongoza. De ce fait, excepté à Muhongoza, les rendements supplémentaires obtenus dans les deux autres sous-sites de Kalehe se retrouvent dans les groupes A, B et C tandis que ceux obtenus dans tous les sous-sites de la plaine de la Ruzizi se retrouvent dans les groupes D et E. Le sous-site de Muhongoza vient fermer la marche avec des moyennes négatives regroupées dans les groupes F et G. Les différences entre les sous-sites de Kalehe et ceux de la plaine de la Ruzizi s'expliquent par la composition chimique des sols en éléments nutritifs, composition plus élevée à Kalehe que dans la plaine de la Ruzizi.

De là, on s'aperçoit que, dans la plaine de la Ruzizi, T1 serait le traitement le plus recommandable pour atteindre un surplus de production de maïs plus élevé à Biriba, tandis que T3 serait le plus recommandable à Kiliba et T2 à Runingu. Quant à Kalehe, la figure 3 montre que la valeur du surplus de rendement dû à la fertilisation du maïs oscille autour de 2500kg à Kalehe-centre, avec T1 comme le traitement ayant la valeur la plus élevée et T5 avec la valeur la plus faible ; cela signifierait que la culture du maïs est plus réceptive à l'application des engrais minéraux qu'à celle de la matière organique dans ce sous-site.

A Kasheke par contre, T5 est le traitement qui présente la valeur la plus élevée de l'effet d'application des engrais sur le maïs; cela pourrait signifier que, contrairement à Kalehe-centre, la culture du maïs est plus réceptive à la fertilisation organique qu'à la fertilisation minérale à Kasheke. Ceci serait dû au fait que, l'azote étant un élément important dans la nutrition minérale du maïs, l'effet direct de l'apport de la matière organique résulte dans l'absorption de l'azote par la biomasse microbienne du sol, lequel améliore la synchronisation entre les apports et les demandes d'azote par les cultures et réduit les pertes d'azote dans l'environnement (VANLAUWE et al., 2001). A Muhongoza paradoxalement, seul le traitement T1 présente un effet positif sur la production du maïs, les autres traitements présentant un rendement bien inférieur à celui obtenu par le traitement témoin. Cette situation peut s'expliquer soit par la loi des rendements moindres que proportionnels, soit par un déséquilibre nutritionnel induit par l'application des fertilisants, soit par un antagonisme entre certains éléments présents en quantités non adaptées sans oublier que le sol de Muhongoza est le mieux pourvu en éléments minéraux.

Comparés les effets de l'application des fertilisants sur le rendement du maïs dans les deux sites, on remarque d'une manière globale que la culture du maïs répond mieux à la fertilisation tant minérale qu'organique dans le territoire de Kalehe que dans la plaine de la Ruzizi. Mais, dans tous les cas, les résultats montrent qu'il y a une augmentation significative du rendement lorsqu'on recourt à la fertilisation jusqu'à un certain seuil ou le rendement ne croît plus. Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus au Katanga où, au-delà d'un certain seuil d'application de fertilisants, les rendements diminuent (NYEMBO et al., 2012).

4.3 EFFICIENCE AGRONOMIQUE DES DOSES D'ENGRAIS NPK UTILISÉES

La figure 4 présente les résultats sur l'efficacité agronomique des fertilisants minéraux appliqués à la culture du maïs à Kalehe ainsi que dans la plaine de la Ruzizi. Les données brutes sont présentées en annexe 3.

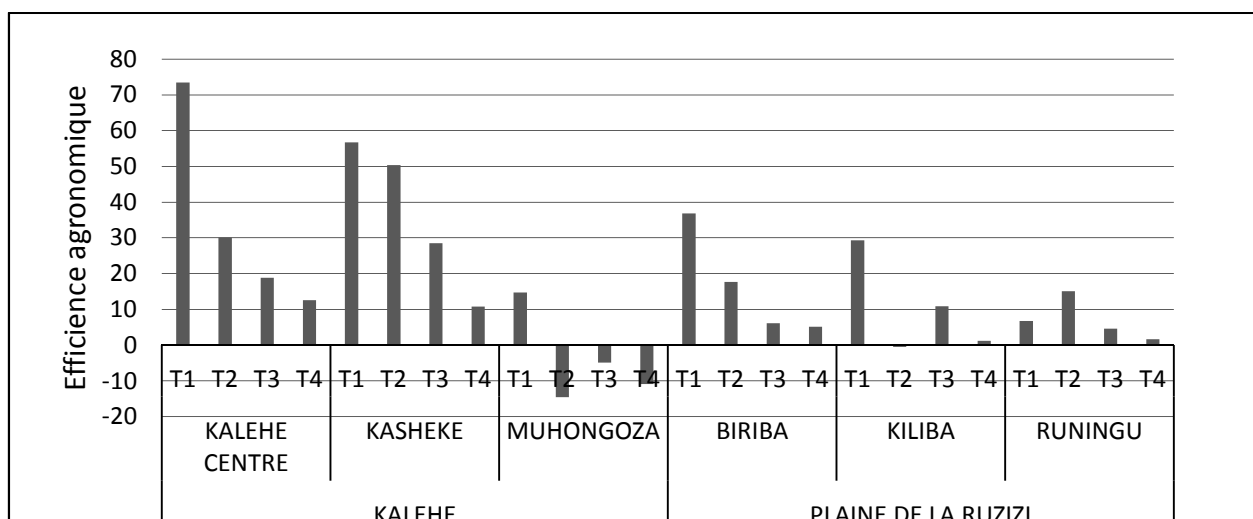


Figure 4: Efficacité agronomique (kg maïs grain/kg de fertilisants) des fertilisants minéraux en culture du maïs dans la plaine de la Ruzizi et dans le territoire de Kalehe

On constate sur la figure 4 que l'efficacité agronomique poursuit une tendance à la baisse au fur et à mesure que la quantité de fertilisants augmente. Le tableau 6 présente l'analyse de la variance des valeurs d'EA :

Tableau 6: Analyse de la variance entre les niveaux d'EA selon les traitements, les sites et sous-sites

Source de variation	DL	SCE	CM	F value	P value
TRAITEMENT	3	53380,75	13345,19	174,97	<0,001 *
SITE	1	17725,22	17725,22	232,39	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE	3	9831,33	3277,11	42,97	<0,001 *
SITE.SOUS_SITE	4	27797,52	6949,38	91,11	<0,001 *
TRAITEMENT.SITE.SOUS_SITE	14	16661,45	1190,10	15,60	<0,001 *
Residual	20	18076,62	76,27		
Total	23	118688,56			

* : Différence hautement significative, CV = 19,1%

Ce tableau montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les différents niveaux d'efficacité en fonction des différents traitements, des sites et des sous-sites ($P < 0,05$). La valeur élevée du coefficient de variation serait due à la variabilité dans les caractéristiques de sols et de conditions climatiques qui prévalent dans les deux sites concernés par l'étude, mais aussi aux différents niveaux d'application des fertilisants et de la réponse de la culture à ces fertilisants. Le total du degré de liberté est égal à 23 car seuls les quatre traitements ayant reçu la fertilisation minérale sont concernés par l'analyse de l'EA.

La comparaison des moyennes d'efficacité agronomique en fonction des traitements, des sites et des sous-sites montre des moyennes regroupées différemment selon les différents facteurs en interaction, le traitement T1 ayant les moyennes les plus élevées dans tous les sites et sous-sites. De là, on voit en fait que les traitements inférieurs sont ceux qui présentent les niveaux d'efficacité agronomique les plus élevés à Kalehe mais aussi dans la plaine de la Ruzizi. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les plantes cultivées réagissent d'une manière quasi-instantanée à une fertilisation minérale initiale, aussi faible soit-elle.

Néanmoins, les valeurs d'EA obtenues à Kalehe sont globalement supérieures à celles obtenues dans la plaine de la Ruzizi. Cela pourrait s'expliquer par la variabilité dans les conditions édaphoclimatiques qui prévalent dans les différents sites. En effet, d'après MUKENGERE (2010), l'efficacité des engrais dépend largement du type des sols dans lesquels ils sont placés.

Ainsi, le traitement T1 présente l'efficacité agronomique plus élevée tant à Kalehe-centre qu'à Kasheke et à Muhongoza (EA = 73,4 ; 56,7 et 14,6 respectivement). Cela veut dire que pour T1 à Kalehe-centre, l'application d'1kg d'engrais permet un gain de 73,4kg de maïs grain, contre 56,7kg à Kasheke et 14,6kg à Muhongoza. Ce dernier sous-site présente des valeurs

d'EA négatives pour T2, T3 et T4, ce qui implique que la quantité de rendement obtenu grâce à l'utilisation des fertilisants est inférieure à la quantité de fertilisants appliquée sur la parcelle. Cette valeur négative pourrait signifier que dans ce sous-site, la culture du maïs n'est pas réceptive à la fertilisation minérale, soit parce que le sol est naturellement bien pourvu en éléments nutritifs essentiels à la culture, soit parce qu'il y a fixation des éléments apportés par la fertilisation. Ces trois traitements sont donc à déconseiller dans ce sous-site.

Si on essaye de mettre en relation les résultats relatifs à l'EA avec ceux relatifs au rendement, on s'aperçoit que « rendement plus élevé n'est pas toujours synonyme d'EA plus élevée ». Ceci est bien illustré par le cas de KILIBA où T3 possède le rendement le plus élevé mais c'est T1 qui présente une efficacité agronomique nettement supérieure.

La même tendance s'observe dans le territoire de Kalehe, avec des efficacités agronomiques d'utilisation de fertilisants décroissantes au fur et à mesure que les doses de fertilisants augmentent. Ceci concorde avec les résultats obtenus en Inde, et pour lesquels l'efficacité agronomique était faible et variait entre 4,7 et 10,9 pour les doses NPK les plus élevées (PRASAD, 2009).

4.4 RAPPORT EFFICACITE AGRONOMIQUE/EFFICACITE AGRONOMIQUE MAXIMUM (EA/EAMAX)

Les différents rapports EA/EAMax des différents nutriments apportés en culture de maïs dans la plaine de la Ruzizi et dans le territoire de Kalehe sont présentés dans le tableau 7:

Tableau 7: Rapports EA/EAMax des différentes doses d'engrais NPK

SITE	SOUS-SITE	TRAITEMENT	EA/EAMax N	EA/EAMax P	EA/EAMax K
PLAINE DE LA RUZIZI	BIRIBA	T1	1,053388214	1,755647024	1,02412743
		T2	0,503820404	0,839700674	0,489825393
		T3	0,175872553	0,293120922	0,170987205
		T4	0,147347233	0,245578721	0,143254254
	KILIBA	T1	0,838481672	1,397469454	0,815190515
		T2	-0,014901169	0,516619243	-0,014487248
		T3	0,309971546	-0,024835282	0,301361225
		T4	0,033528885	0,055881475	0,032597527
	RUNINGU	T1	0,194024026	0,716040258	0,18863447
		T2	0,429624155	0,323373377	0,417690151
		T3	0,132709367	0,221182278	0,129022996
		T4	0,048318328	0,080530546	0,046976152
KALEHE	KALEHE CENTRE	T1	2,098375677	3,497292795	2,040087464
		T2	0,859742279	1,432903799	0,83586055
		T3	0,537140543	0,895234238	0,522219972
		T4	0,359175134	0,598625224	0,349198047
	KASHEKE	T1	1,621480633	2,702467722	1,576439504
		T2	1,437947123	2,396578538	1,398004147
		T3	0,815570214	1,359283689	0,792915485
		T4	0,308035714	0,513392857	0,299479167
	MUHONGOZA	T1	0,419825073	0,699708455	0,408163265
		T2	-0,415241058	-0,692068429	-0,403706584
		T3	-0,140079847	-0,233466412	-0,13618874
		T4	-0,309884937	-0,516474895	-0,301277022

Jaune : Rapport EA/EAMax élevé, donc le niveau d'application des fertilisants est très faible

Vert : Rapport EA/EAMax optimum, donc le niveau d'application des fertilisants est optimal

Blanc : Rapport EA/EAMax faible, donc le niveau d'application des fertilisants est très élevé

Il ressort de ce tableau 7 que, dans presque tous les sous-sites et pour les différents nutriments, le rapport EA/EAMax a tendance à diminuer au fur et à mesure qu'on augmente la dose de fertilisants. Ceci s'explique par le fait que l'efficacité agronomique, qui fait office de numérateur dans ce rapport, poursuit la même tendance. Prenons le cas de Biriba, par exemple : pour le traitement T1, le rapport est très élevé et donc le niveau d'application des fertilisants est très faible et

devra être augmenté. Cependant, on ne devrait pas dépasser un certain seuil sous peine d'affecter négativement l'efficacité agronomique de ces fertilisants, le traitement T1 ayant la valeur d'EA la plus élevée dans ce site.

Pour ce qui est de T2, toujours à Biriba, le niveau d'application des fertilisants azotés est optimal (45kg/ha), tandis que celui des fertilisants phosphatés est très faible (15kg/ha) et celui de fertilisants potassiques très élevé (10kg/ha). Les deux autres traitements (T3 et T4) présentent un niveau très élevé d'application de fertilisants tant azotés, phosphatés que potassiques. Notons aussi que ce sont ces deux traitements qui présentent également la plus faible valeur d'EA à Biriba.

Cependant, contrairement à la situation du rapport EA/E_{max} dans la plaine de la Ruzizi où la plupart des traitements montrent un rapport faible pour les différents nutriments et dans les différents sous-sites, on constate à Kalehe et particulièrement à Kalehe-centre et Kasheke que la plupart de traitements donnent un rapport EA/E_{max} élevé, tandis qu'à Muhongoza, ce rapport est essentiellement faible. Ainsi, le niveau d'application des différents fertilisants est très faible pour les traitements T1 et T2 à Kalehe-centre, et T1, T2, T3 à Kasheke et devrait donc être augmenté ; tandis qu'à Muhongoza les traitements T2, T3 et T4 présentent un rapport faible, ce qui signifie que ce niveau d'application des fertilisants devrait être diminué.

Néanmoins, on constate quelques spécificités relatives aux différents sous-sites, aux différents traitements ainsi qu'aux différents éléments fertilisants. A Kalehe-centre par exemple, le traitement T3 présente un niveau optimal pour les nutriments N et K, alors que le niveau d'application de P est faible et devrait donc être augmenté. Cependant, lorsqu'on arrive à T4, on remarque un certain renversement de la situation, le niveau d'application de N et K devenant très élevé et celui de P devenant optimal. Cela permet d'aboutir à la conclusion que le niveau optimal qui permet une meilleure efficacité d'utilisation des fertilisants à Kalehe-centre serait une application du traitement T3 pour les fertilisants azotés et potassiques, et T4 pour les fertilisants phosphatés (90kg N + 50kg P + 15kg K/ha). Considérés séparément les différents nutriments, on constate que le rapport EA/E_{max} du phosphore est beaucoup plus élevé que celui des autres nutriments pour différents traitements, ce qui veut dire que le niveau d'application des fertilisants phosphatés est très faible et devrait être augmenté. Ceci peut s'expliquer par la plus grande contrainte liée à l'utilisation des engrais phosphatés, à savoir la fixation du phosphore, surtout dans les conditions des sols tropicaux acides (NGONGO et *al.*, 2009).

4.5 REVENU BRUT ET COÛTS TOTAUX

La figure 5 présente l'évolution des revenus bruts en fonction des coûts totaux engagés dans le processus de production de maïs fertilisé dans la plaine de la Ruzizi ainsi que dans le territoire de Kalehe. Les données brutes sont présentées en annexe 4.

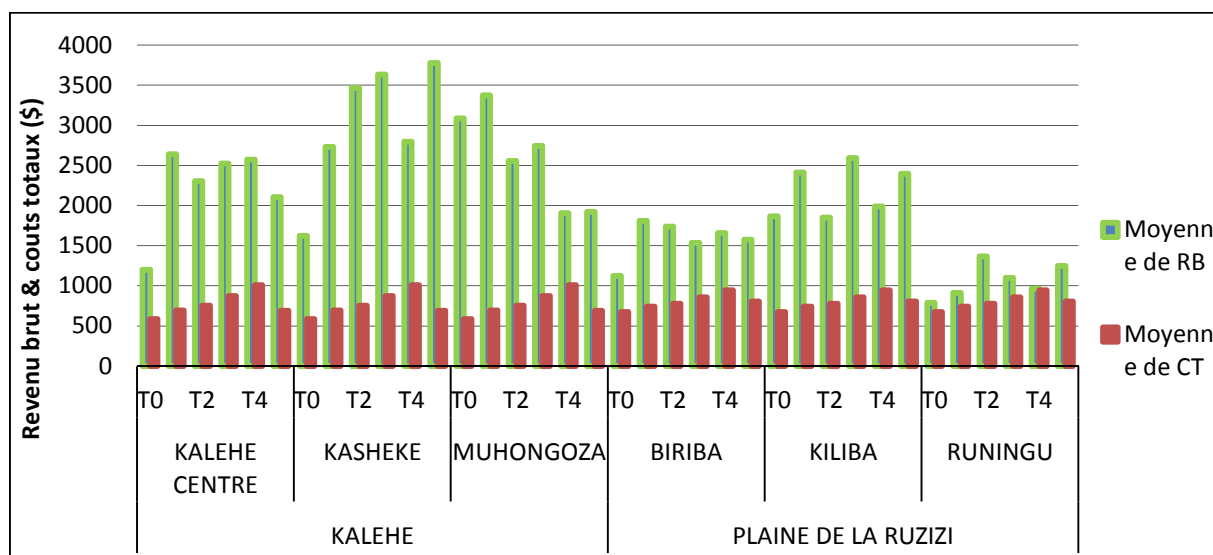


Figure 5: Revenu brut (en \$/ha/saison) et coûts totaux (en \$/ha/saison) occasionnés par la production du maïs à différents niveaux de fertilisation

En examinant la figure 5, on se rend compte que T1, T3 et T2 sont les traitements qui procurent un revenu brut plus élevé, respectivement à Biriba (1808,93\$/ha/saison), Kiliba (2591,48\$/ha/saison) et Runingu (1369,66\$/ha/saison). A Runingu, le traitement T4, tel qu'on peut le voir sur la figure 5, présente un revenu brut égal aux coûts engagés dans le

processus de production du maïs, et donc une marge bénéficiaire nulle. Ce traitement serait donc moins intéressant, surtout lorsqu'on poursuit l'objectif de la rentabilité de l'exploitation agricole. En effet, la corrélation qui s'établit entre les doses d'engrais et la rentabilité du maïs montre qu'au-delà de 150 kg NPK+100 kg urée/ha, la rentabilité commence à diminuer (KINDINDA *et al.*, 2015).

A Kalehe-centre, par contre, les revenus bruts des différents traitements varient entre 1000 et 3000\$/ha, avec T1 le traitement qui a occasionné le revenu brut le plus élevé (2638,2\$/ha/saison) avec un coût de production de 693,8\$/ha/saison ; et T0 le revenu brut le plus faible (1202,3\$/ha/saison) mais aussi avec le coût de production le plus faible (585,2\$/ha/saison). A Kasheke, les revenus bruts varient entre 1500 et 4000\$/ha/saison, T5 étant le traitement qui a procuré le revenu brut le plus élevé (3777,7\$/ha/saison) avec un coût de production de 690,41\$/ha/saison, et T0 le revenu brut le plus faible (1622,3\$/ha/saison) avec un coût de production le plus faible (585,2\$/ha/saison).

Quant à Muhongoza, T1 présente le revenu brut le plus élevé (3375,4\$/ha/saison) tandis que T4 et T5 présentent les revenus bruts les plus faibles (1906\$/ha/saison et 1921\$/ha/saison respectivement). On voit donc que la plupart des traitements dans lesquels on a appliqué des fortes doses de fertilisant n'ont pas exprimé un niveau de rentabilité élevé. En effet, d'après NYEMBO *et al.*, (2012), l'apport des fortes doses des engrais chimiques réduit sensiblement la rentabilité de l'emploi des engrais chimiques. Le coût élevé des engrais minéraux couplé au faible coût des produits de récolte sur le marché justifierait ce phénomène.

4.6 REVENU SUPPLÉMENTAIRE DÙ AUX FERTILISANTS ET COÛT DES FERTILISANTS

La figure 6 présente les résultats sur le revenu supplémentaire obtenu suite à l'utilisation de fertilisants tant organiques que minéraux. Les données brutes sont présentées en annexe 5.

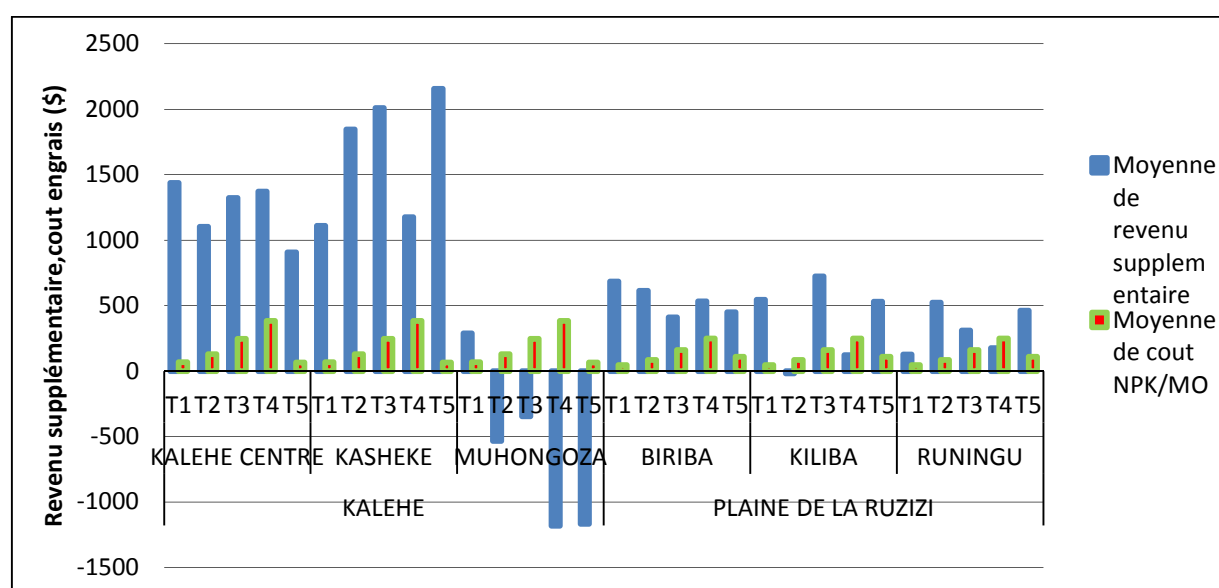


Figure 6: Surplus de revenu et coût (\$/ha) occasionnés par l'utilisation des fertilisants

Sur la figure 6, on remarque une grande variabilité dans l'expression du surplus de revenu obtenu grâce à l'utilisation des engrais. A Biriba, par exemple, on remarque une évolution inverse du surplus de revenu en fonction du coût de fertilisants (revenu supplémentaire plus élevé au traitement T1, puis diminue à T2 et encore plus à T3 pour remonter timidement au traitement T4 et ensuite rechuter à T5. Cela montre qu'à Biriba, le traitement T1 est celui qui occasionne le surplus de revenu le plus élevé, avec un coût lié à l'achat des fertilisants faible.

A Kiliba, par contre, on remarque une variation plus spectaculaire dans le surplus de revenu, avec des pics allant de 543\$/ha (T1) à plus de 723\$/ha (T3), en passant par T2 qui présente un déficit de revenu dû à l'utilisation des fertilisants (-18\$). Le traitement T2 n'est donc pas intéressant sur le plan économique à Kiliba, de même que le traitement T4. A Runingu, par ailleurs, T2 est le traitement qui procure un surplus de revenu plus élevé, suivi de T5, alors que T4 représente un traitement non recommandable sur le plan économique. Quant à Kalehe-centre, le traitement T1 donne le surplus de revenu

le plus élevé (1435,8\$/ha) avec le coût d'achat des engrais plus faible (68,6\$/ha), et serait donc considéré comme le traitement le plus intéressant du point de vue économique.

A Kasheke, T5 est le traitement qui donne un surplus de revenu plus élevé (2155,3\$/ha) avec un coût d'achat d'engrais faible (65,2\$/ha). Le traitement T4 serait le moins intéressant à ce niveau vu le faible revenu supplémentaire qu'il occasionne alors qu'il comporte le coût le plus élevé pour l'achat des fertilisants. A Muhongoza paradoxalement, seul le traitement T1 (68,6\$/ha pour l'achat des fertilisants) serait intéressant sur le plan économique, avec un revenu supplémentaire de 287,2\$.

4.7 REVENU NET (INDICE DE PROFITABILITÉ)

Les résultats sur le revenu net obtenu à l'issue du processus de production sont présentés dans la figure 7.

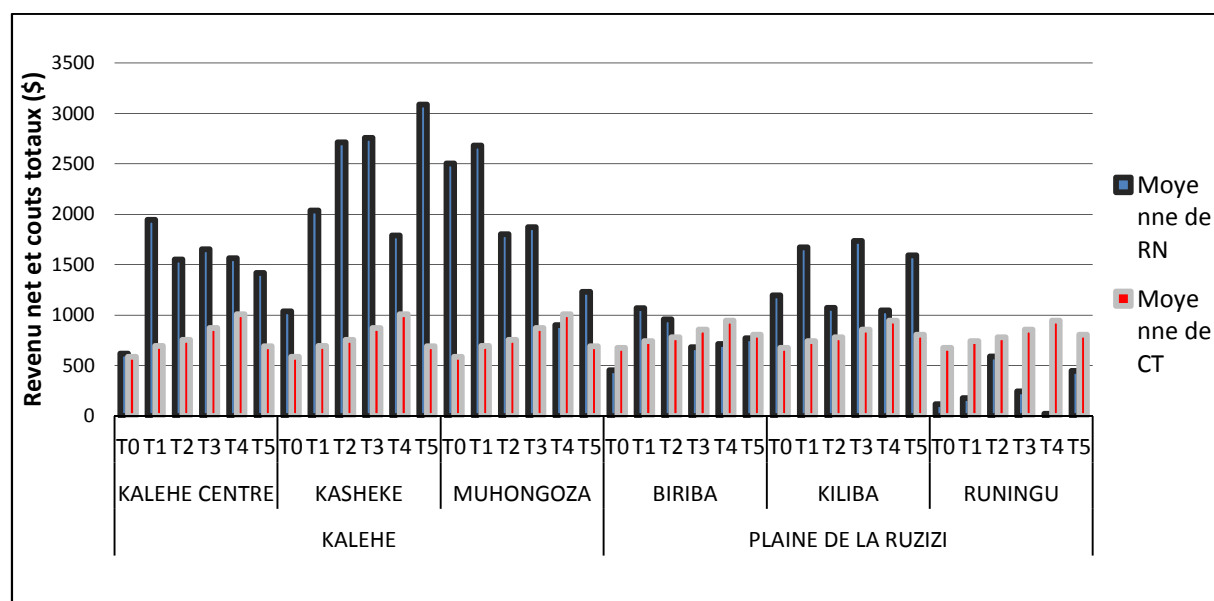


Figure 7: Revenu net et dépenses occasionnés par la production du maïs dans les deux sites (en \$/ha/saison)

Sur la figure 7, on constate qu'à Biriba, le traitement T1 est celui qui a occasionné le profit le plus élevé (1068,4\$ de bénéfice par hectare et par saison pour 740,47\$ investis; soit un taux de rentabilité financière de 1,4) tandis que le traitement T0 présente le niveau de profitabilité le plus faible (451,9\$ de bénéfice par hectare et par saison pour 674,15\$ investis, soit un taux de rentabilité financière de 0,67).

D'après CUBAKA, (2012), le taux de rentabilité financière doit être supérieur à zéro pour que l'activité engagée soit financièrement rentable. Ceci veut dire que, bien que les deux traitements soient financièrement rentables, ils ne le sont guère au même point : chaque 1 dollar investi dans le traitement T1 rapporte un bénéfice net de 1,4\$ supplémentaires tandis que chaque dollar investi dans le traitement T0 rapporte 0,6\$ de bénéfice.

A Kiliba, T3 présente le revenu net le plus élevé (1735,11\$ de bénéfice par hectare et par saison pour 856,3\$ investis, soit un taux de rentabilité financière de 2), alors que T4 présente le revenu net le plus faible (1044,97\$ pour 944,44\$ investis, soit un taux de rentabilité financière égale à 1,1, nettement inférieure au taux de rentabilité financière du traitement témoin T0 qui est égale à 1,77). A Runingu, par contre, les revenus nets sont bien inférieurs à ceux des deux autres sous-sites, avec T2 qui possède la valeur de revenu net la plus élevée (590,19\$ de bénéfice pour 779,47\$ investis, soit un taux de rentabilité financière de 0,75) ; tandis que T4 possède le revenu net le plus faible (19,57\$ de bénéfice par hectare et par saison pour 944,44\$ investis, soit un taux de rentabilité financière insignifiant de 0,02).

Dans le site de Kalehe, on constate que T1, T5 et T1 sont les traitements ayant procuré les revenus nets les plus élevés respectivement à Kalehe-centre, Kasheke et Muhongoza, tandis que T0, T0, et T4 ont donné les revenus nets les plus bas dans ces sous-sites respectifs. Le taux de rentabilité financière pour T1 à Kalehe-centre est de 2,8 alors qu'il est de 1,05 pour T0.

A Kasheke, ce taux est de 4,4 pour le traitement T5 alors qu'il est de 1,77 pour T0 et pour T4. A Muhongoza, ce taux est de 3,8 pour T1 et de 4,2 pour le traitement témoin T0. Cela s'explique par le fait que T1 occasionne plus de dépenses que T0 (dépenses dues à l'utilisation des engrais principalement, et qui ne sont pas proportionnelles à l'augmentation subséquente du revenu). Le traitement T4 présente quant à lui un taux de rentabilité financière de 0,89 qui est nettement inférieur à celui obtenu par les autres traitements.

Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par KINDINDA et *al.*, (2015) pour qui les doses les plus élevées n'étaient pas nécessairement les plus rentables, bien qu'elles génèrent le rendement le plus élevé tel qu'observé dans le cas de cette étude.

RAPPORT VALEUR/COÛT

La figure 8 donne le rapport Valeur/coût des différents traitements appliqués à la culture de maïs à Kalehe et dans la plaine de la Ruzizi. Les données brutes figurent en annexe 7.

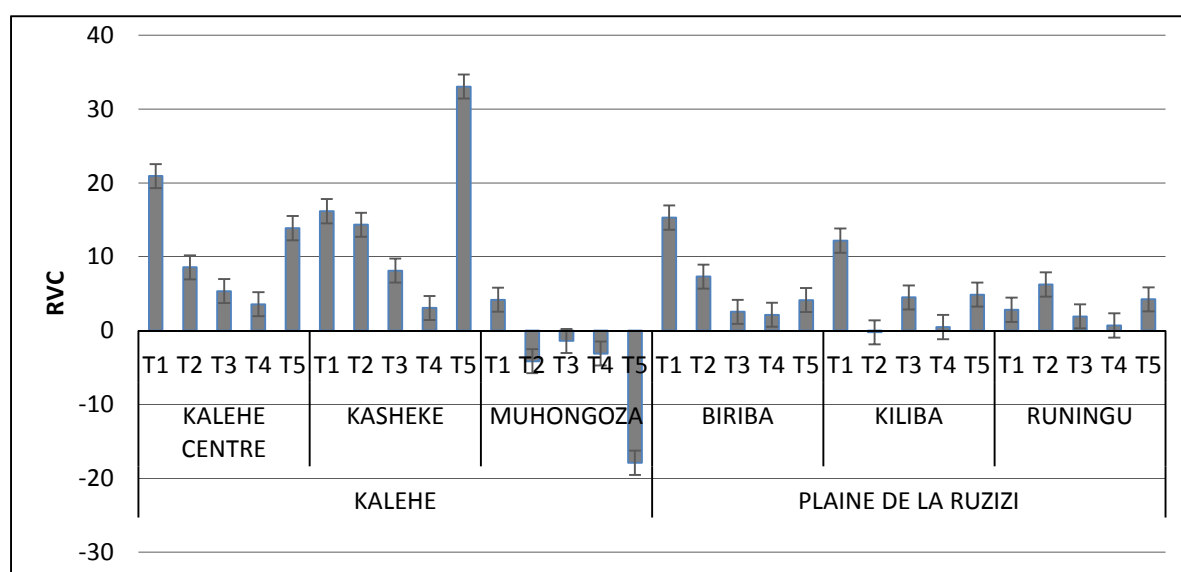


Figure 8: Rapport Valeur/Cout des différents niveaux de fertilisation de la culture du maïs dans les 2 sites

Le rapport valeur/coût permet de déterminer si, et à quel niveau, un traitement individuel est rentable économiquement ou pas. Il fait office d'efficience économique et est obtenu en divisant la valeur du surplus de revenu obtenu grâce à l'utilisation des fertilisants par les coûts occasionnés par l'achat des dits fertilisants.

De ce fait, sur cette figure, on voit que dans le sous-site de Biriba, ce taux est très élevé pour le traitement T1 (RVC = 15,3) mais diminue drastiquement au fur et à mesure que le niveau et donc le coût d'application des fertilisants augmente, jusqu'à atteindre un niveau critique à T4 (RVC = 2,1). Cela pourrait signifier qu'à Biriba, la valeur du RVC est une fonction inverse du taux et donc du coût d'application des fertilisants.

A Kiliba, ce rapport est également très élevé pour le traitement T1 (RVC = 12,1) alors qu'il est énormément faible pour T4 (RVC = 0,4 < 2) voire négatif pour T2 (RVC = -0,2 < 2). T3 présente quant à lui un rapport plus ou moins acceptable (RVC = 4,5). En effet, d'après la FAO (2000), ce rapport doit être au moins égal à 2 pour permettre à l'exploitant agricole de couvrir les frais directs liés à l'utilisation des fertilisants dans son exploitation.

Ainsi, T1 serait le traitement le plus recommandable du point de vue économique dans le sous-site de Kiliba, suivi de T3. A Runingu, seuls T2 (avec un RVC = 6,2) et T1 (avec un RVC = 2,8) seraient recommandables économiquement. T3 et T4 présentent des rapports valeur/coût inférieurs à 2 et donc ne répondant pas au critère FAO.

En effet, l'adoption se fait avec réticence si ce rapport est entre 1,5 et 2 ; et en dessous de 1,5 il y a rejet (KAHO et *al.*, 2011). Dans le territoire de Kalehe, le sous-site de Muhongoza présente une fois de plus des particularités dans l'expression du rapport valeur/coût, T1 étant le seul traitement qui possède un RVC acceptable (autour de 4), tandis que tous les autres

traitements présentent des rapports négatifs et ne sont donc pas intéressants du point de vue économique. Par contre, T1 serait le traitement le plus recommandable sur le plan économique dans les deux autres sous-sites (RVC = 20,9 à Kalehe-centre contre 16,17 à Kasheke), suivi de T2 (8,5 à Kalehe-centre contre 14,3 à Kasheke), T3 et enfin T4.

REFERENCES

- [1]. Abdul, R.; Farrukh, M.; Muhammad, E. S.; Safdar, H., and Naeem, A., 2011. Grain quality, nutrient use efficiency, and bioeconomics of maize under different sowing methods and NPK levels: 586-593. *Chilean Journal of Agricultural Research*.
- [2]. Agrawal, G. D.; Lunkad, S. K., and Malkhad, T., 1999. Diffuse agricultural nitrate pollution of groundwaters in India. *Water Sci. Tech.*, 39: 67–75.
- [3]. Bahati R, Etude sur l'état de la pauvreté au Sud-Kivu, une analyse basée sur les enquêtes 1-2-3 du DSCR, UCB 2009.
- [4]. Barber, S.A., 1976. Efficient fertilizer use: 114-117. In: F.L. Patteron (ed.): *Agronomic research for food*. Special Publication 26. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA: 79pp.
- [5]. Bijai, S.; Yavinder, S., and Sekhon, G.S., 1995. Fertilizer use efficiency and nitrate pollution of groundwater in developing Countries. *J. Contaminant Hydrol.*, 20: 167–184.
- [6]. CIMMYT, 1988. From agronomic data to farmer recommendation: An economics training manual: 25-33. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) Economics Program, Mexico D.F.: 79p.
- [7]. Cubaka, B. J., 2012. Evaluation de la rentabilité économique du maïs (*Zea mays*) cultivé sous fertilisation organo-minérale à Luhhi et Burhale. Mémoire inédit, UCB, 2012 :69p.
- [8]. FAO, 2000. Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome : 34pp.
- [9]. FAO, 2006. Nutrient management guidelines for some major field crops. FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100, Rome, Italy : 115pp.
- [10]. Janssen, B. H., 2009. Do long-term experiments provide the key to sustainable soil productivity? (August 4, 2009). *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*. Sacramento, California: 17-33.
- [11]. John, P.S.; George, M., and Jacob, D., 2006. Sulphur fertilization in rice based cropping system in laterite soils of Kerala: 163–184. Proc. TSI-FAI-IFA Symposium-Workshop on Sulphur in Balanced Fertilization, October 4-5, 2006, New Delhi: 217pp.
- [12]. Kaho, F.; Yemefack, M.; Feujio-Tegwefouet, P., et Tchantaouang, J., 2011. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun. *Tropicicultura*, 29 (1): 39-45.
- [13]. Kindinda, K. L. ; Kiluba, K. J. ; Tshipama, T. D. ; Kilumba, K. M. ; Mpoyo, M. G. ; Langunu, S. ; Muteba, K. M., et Nyembo, K. L., 2015. Mise en évidence des doses de fertilisants minéraux à appliquer aux nouvelles variétés de maïs introduites dans la région de Lubumbashi. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12 (1) : 96-103.
- [14]. Mukengere, B. E., 2010. Evaluation de l'efficacité d'usage des engrais dans les sols dégradés du Sud-Kivu sur la culture du maïs et du haricot. Cas du groupement de Burhale. Mémoire inédit, UEA : 59pp.
- [15]. Ngongo, M.; Van ranst, E.; Baert, G.; Kasongo lenge, E.; Verdoodt, A.; Mujinya, B. B., et Mukalay, J., 2009. Guide des Sols en R.D. Congo, Tome I : Etude et Gestion. UGent, HoGent, UNILU : pp282.
- [16]. Nyembo, K. L.; Useni, S. Y.; Mpundu, M. M.; Bugeme, M. D.; Kasongo, L. E, et Baboy, L. L., 2012. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo, 59: 4286– 4296, *Journal of Applied Biosciences* : 11pp.
- [17]. Nyembo, K. L., 2010. Augmentation du rendement du maïs par l'exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga, République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi : 157pp.
- [18]. Prasad, R., 2007. Strategy for increasing fertilizer use efficiency. *Indian J. Fert.*: 53–62.
- [19]. Prasad, R., 2009. Efficient fertilizer use: The key to food security and better environment. *Journal of Tropical Agriculture*, New Delhi 110012, India : 17pp.
- [20]. Sanginga, N.; Okogun, J.A.; Vanlauwe, B.; Diels, J.; Carsky, R.J., and Dashiell, K., 2001. Nitrogen contribution of promiscuous soybeans in maize-based cropping systems.: 157-178. In: Tian, G. ; Ishida, R., and Keatinge, J.D.H., 2001: *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. SSSA Special Publication, Number 58, Madison, USA : 328pp.
- [21]. Singh, R.P., 1985. Report of the All India Wheat Improvement Project. Wheat Agronomy 1984-85. Project Directorate for Wheat, New Delhi: 87pp.
- [22]. Singh, V.K.; Tiwari, R.; Gill, M.S.; Sharma, S.K.; Tiwari, K.N.; Dwivedi, B.S.; Shukla, A.K., and Mishra, P.P., 2008. Economic viability of site-specific nutrient management in rice-wheat cropping. *Better Crops-India*: 16–19.
- [23]. Tandon, H.L.S, 2004. Fertilizers in Indian Agriculture: from 20th – 21st Century. FDCO, New Delhi : 239pp.

- [24]. Vanlauwe, B.; Wendt, J., and Diels, J., 2001. Combined application of organic matter and fertilizer. 247-280 In: Tian G, Ishida F and Keating J : *Sustaining soil fertility in West Africa*. Soil Sciences Society of America, Special Publication N°58: 328pp.
- [25]. Zingore, S. ; Murwira, H.K. ; Delve, R.J., and Giller, K.E, 2007. Soil type, management history and current resource allocation: Three dimensions regulating variability in crop productivity on African smallholder farms. *Field Crops Research*, 101: 296-305.

PALEOENVIRONMENTAL OF THE SENONIAN OF WANINA BASIN: AREA OF AÏT OURIR BASINS, MOROCCO

Fatiha HADACH, Ahmed ALGOUTI, Abdellah ALGOUTI, and Zahra MOURABIT

University Cadi Ayyad, Faculty of Science Sémmlalia,
Laboratory 2GRNT, Geology Department,
BP 2390, 40000, Marrakech, Morocco

Copyright © 2017 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 detailed sedimentological study of the Senonian in the Wanina basin of Aït Ourir basins attached to the northern slope of the High Atlas Marrakech, gave the deposit silty carbonato-evaporite, which are carried out in an environment of type sebkha where alternate phases of detrital inputs, under a hot and arid climate and in conditions of bridging favoring the installation of evaporite deposition, and the phases of carbonate deposits more marine installed under the action of a slight increase in sea level degenerating quickly, in an upper intertidal temporarily emerged. In general these carbonate benches mark to their surfaces a rupture of the sedimentation that is materialized by ferruginous hardened surfaces.

KEYWORDS: Marrakech High Atlas, Senonian, Sedimentation, Paléoenvironnement.

PRESENTATION

The study area belongs to the northern subatlasic area (**Roch, 1939**), and specifically to the area of Ait Ourir basins. It includes a Mesozoic post-Hercynian coverage pleated in wide synclines with flat and subhorizontal bottom, the flanks of these synclines are to steep slope sub-vertical related to the presence of faults. These lands have dragged during the main atlasic phase (**Moret 1931, Vogel 1980, Ferrandini et le Marrec 1982**). This slip was triggered off by the movements of the reverse faults, responsible for the surrection of the atlasic chain, and continued by gravity to the North North West. At the level of this work, we conducted a sedimentological study of senonian in Wanina basin (**Fig.1**) showing a santonian evaporite serie and another maastrichtian carbonato-phosphated (**Algouti ; 1999, Algouti et al 2015, Hadach et al 2015**). This latter is located at 39km south east of Marrakech, in the direction of OUARZAZATE. It is limited to the north and to the west by the Plain of Haouz, to the south by the Tasghimout south basin and to the east by the Adendim basin. Three cuts have been lifted, one is located on the slope NW, next to the Douar Wanina, the other two are located in the SE of the basin, in Jbel Ighriys (**Fig.2, 3 et 4**). In our study, the description of the three sections was global due to low lateral variation detected in our research. In effect, along the basin we note a continuous provision of the various deposits that do not show great faciological variation.

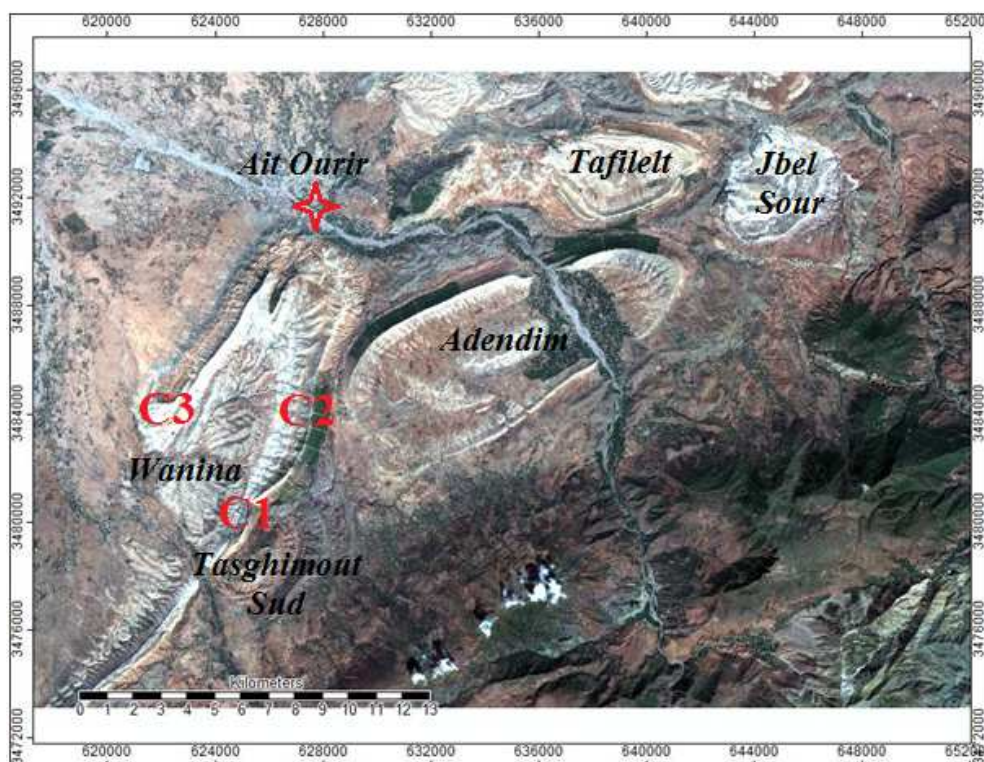


Fig.1 : Location of the study area. C1, C2, C3 : Cuts 1, 2 and 3.

SEDIMENTOLOGICAL STUDY OF THE SENONIAN

The Senonian of this region has been subdivided into four units U1, U2, U3 and U4 (**Fig.5**).

Unit 1:

This unit U1 is based on the bar Cenomanian-Turonian. Its basal part is formed by a dolomitic carbonate bench of lenticular aspect, revealing the presence of horizontal lamins, undulating with holes of dissolution and bioturbation and showing a surface with a thin ferruginous crust (**Fig.6 / Photo A et B**). This basal part is carried out in an environment with inter-supratidal settings. The absence of organism is probably due to the unfavorable conditions related to a deposit in brackish water where can form a few algal sails in low hydrodynamics conditions. Periods of emersion are at the origin of dessiccations slots, vacuoles of dissolution, and ferruginous surfaces.

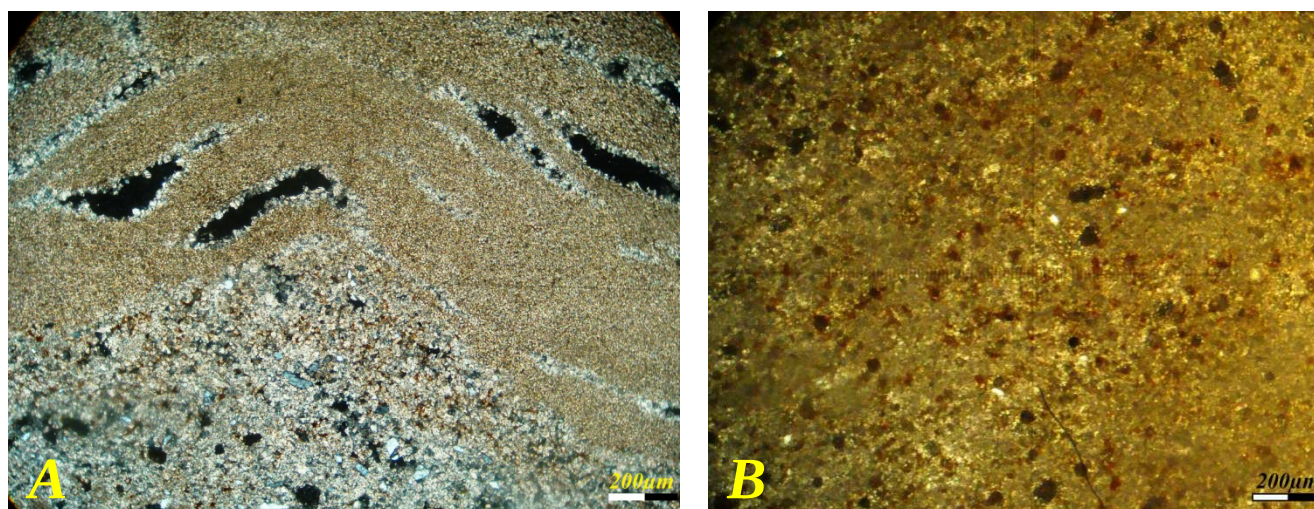


Fig.6 : A : Alternating clear levels and dark algal levels with the vacuoles of dissolution B : Micrite Mudstone Ferruginous.

Its upper part is formed by a term silt-Marl formed in a supratidal environment where precipitate evaporite crystals.

The basis of this unit translated a phase of advanced marine triggered either by a slight increase in the sea level, by a blow of subsidence, or by the two phenomena at the same time, this is accompanied by a relative bathymetric increase and therefore a slight transgression.

The Summit of the unit reflects the bridging of the environment in a supratidal zone.

Units 2, 3 and 4

Each unit begins with a metric bench of carbonate often dolomitic, not exceeding two meters thick, it is a dolomicrite to mudstone dolomicrosparite, sometimes showing an organization of alternating clear zones dolomitic and more or less detrital (silty) to fenestrae and dark area of ferruginous micrite probably of algal origin. Generally these carbonate benches are of lenticular aspect showing several sedimentary figures: horizontal and wavy lamins, monogenic breccias sometimes associated to fenestrae, of stromatolites in the domes and tipis, bioturbation, holes of dissolution, microchannels, and erosive basis (for the unit u2). The surface of these benches is often ferruginous to lenses of goethite and/or of flint attesting to a sedimentation stopping and corresponding to a surface hardened.

Each unit ends by an alternation of silts more or less marly, reddish and gypsiferous with venules of secondary fibrous gypsum and benches of whitish gypsum of saccharoidal type often with laminated structure (**Fig. 7 / photo A et B**) and lenticular form. The morphoscopy of quartz grains in the silts has shown an abundance of round grains mats to shiny.

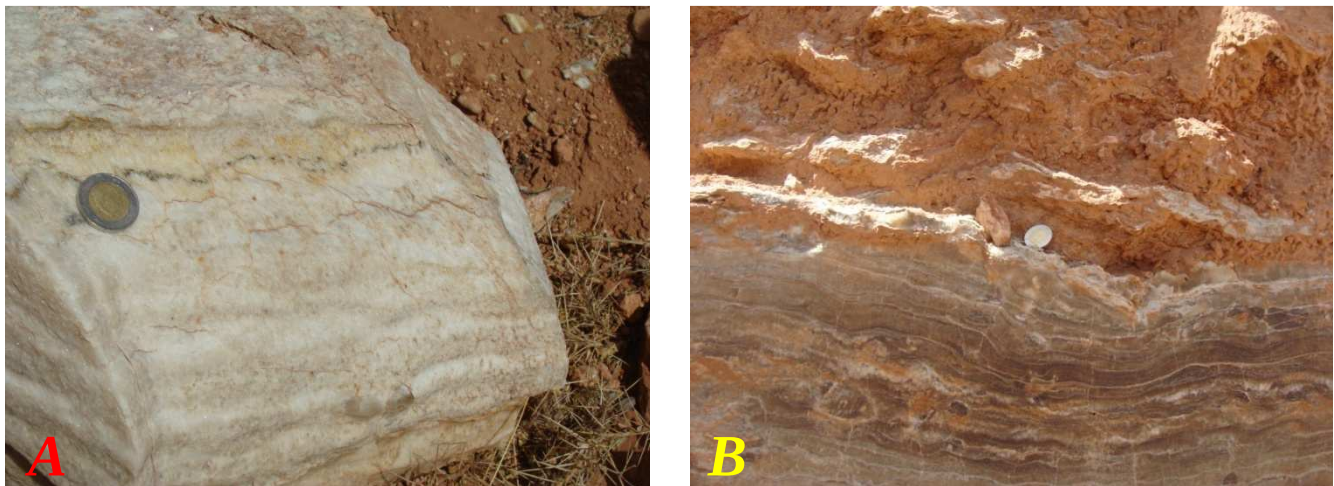


Fig.7: A : Saccharoidal whitish gypsum B : Gypsum of saccharoidal type with laminated structure

INTERPRETATION

The presence of the gypsum suggests an environment of sebkha type. Evaporites of our region belong to the capillary evaporites originating from preexisting sediment, the result of the brines concentration in subaerial conditions under an arid climate and during an early diagenesis. In addition, each gypsum episode reflects the passage of evaporite conditions by restriction of sedimentation and environmental containment (**Toulement, 1980**).

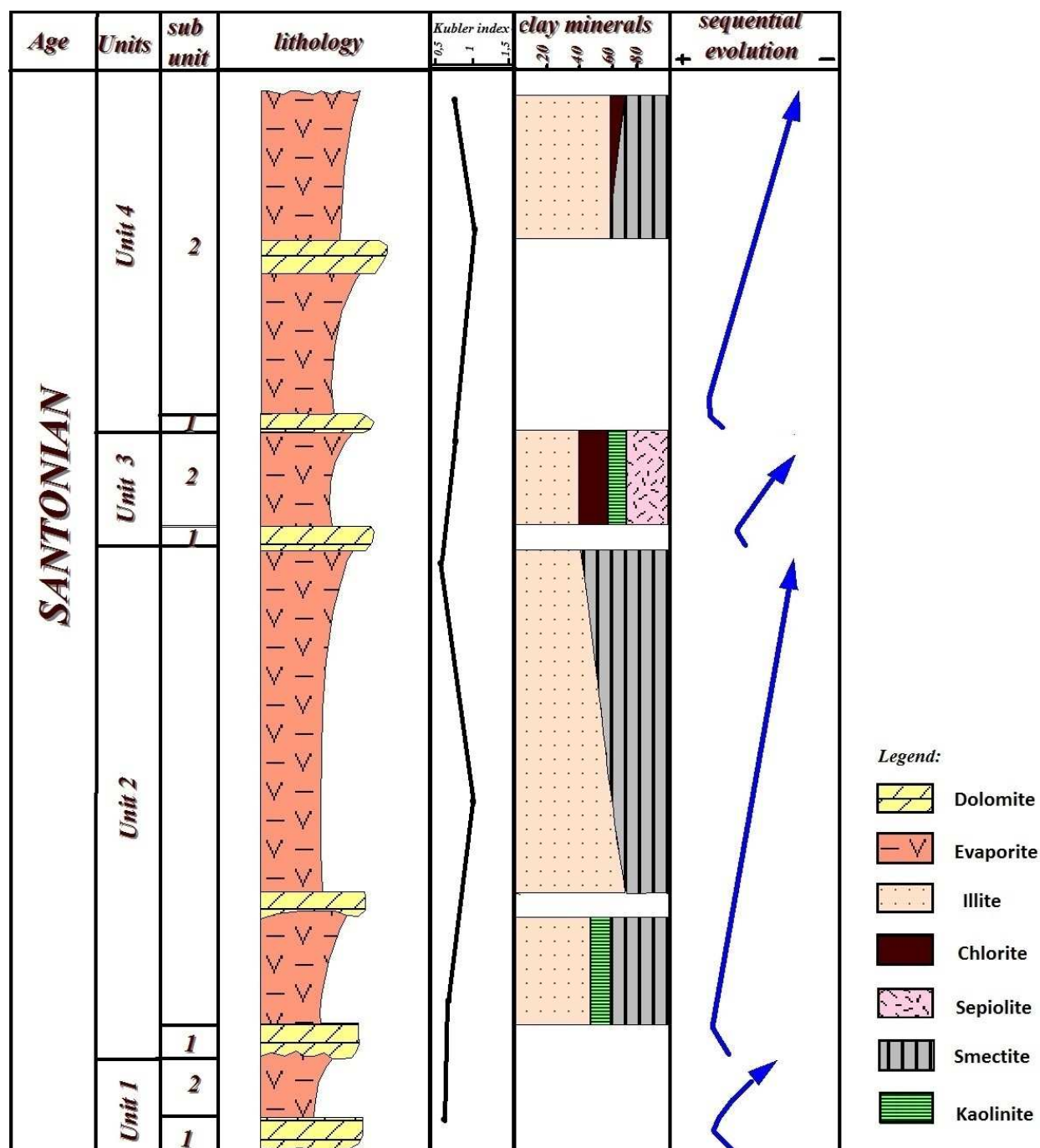


Fig.5 : lithostratigraphique Cut of Senonian at South East in the basin of Wanina.

After a careful review, the carbonates facies mentioned have given many structures recognizable, which have led us to define the environment of sedimentation. The latter represents a zone of internal shallow platform (intertidal to supratidal) Affected by phenomena of emersions, in a probably hot and arid climate. Indeed, the Association of birds eyes, the sheet cracks and the slots of desiccation detected at the level of these carbonates, characterizes a subaerial environment (*Shinn A, 1968*).

In addition, the structures in tipis have been found in a micritic facies where the stromatolitic structures and the fenestrae are well developed. (*Kendall and Skipwith, 1968*) have described similar structures on the coast of Abu Dhabi. According to the (*Dresnay, 1976*), these structures characterize the edge of the maritime domain, in an area temporarily emerged, under a warm and arid climate.

The monogenic breccias associated with carbonate levels are due to a dissolution of a evaporitic precursor, followed by a collapse. It is of an association of dissolution-collapse under the action of an emersion.

The microfacies of carbonates to stromatolites show a superposition of lamins rolling, reflecting a provision in dome, at the bench scale. It is an alternation of clear zones dolomitic more or less silty, accompanied by fenestrae, and dark areas of ferruginous micrite of algal origin. These structures are similar to the structure LLH (Laterally linked hemispheroides) of (**Logan et al, 1974**) characterizing an intertidal environment (tidal-Flat) protected and periodically emerged. Indeed, the different structures associated with these stromatolites (fenestrae, tipis...) argue in this sense.

As a conclusion, we could say that the sedimentation is carried out in an environment of type sebkha where alternate phases of detrital input, under a hot and arid climate and in conditions of containment favoring the installation of evaporite deposition, and the phases of carbonate deposit more marine installed under the action of a slight increase in sea level degenerating quickly, in an upper intertidal temporarily emerged. These carbonate benches mark in general to their surfaces a rupture of the sedimentation that is materialized by ferruginous hardened surfaces.

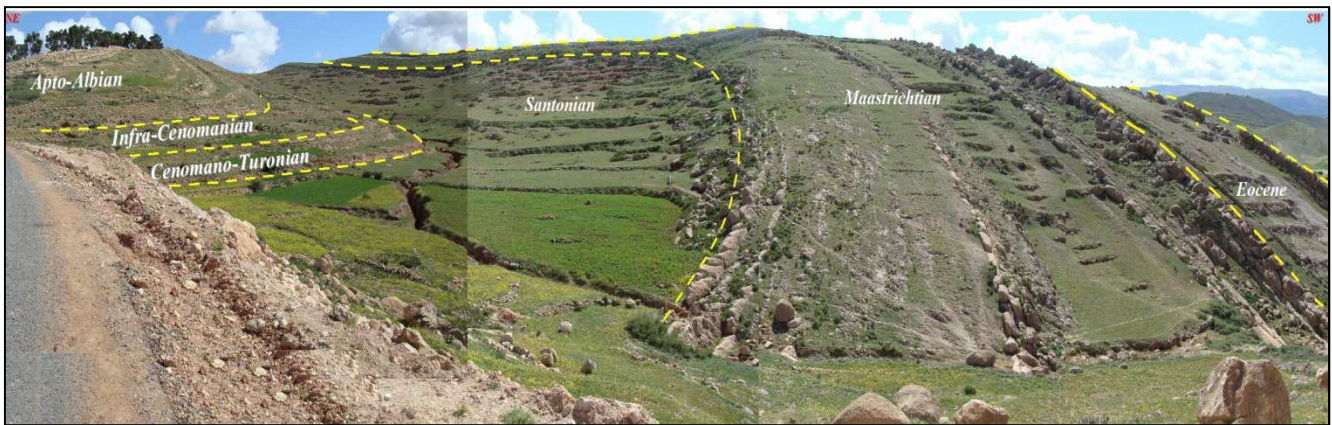


Fig.2 : Vue Panoramic view of the NW side

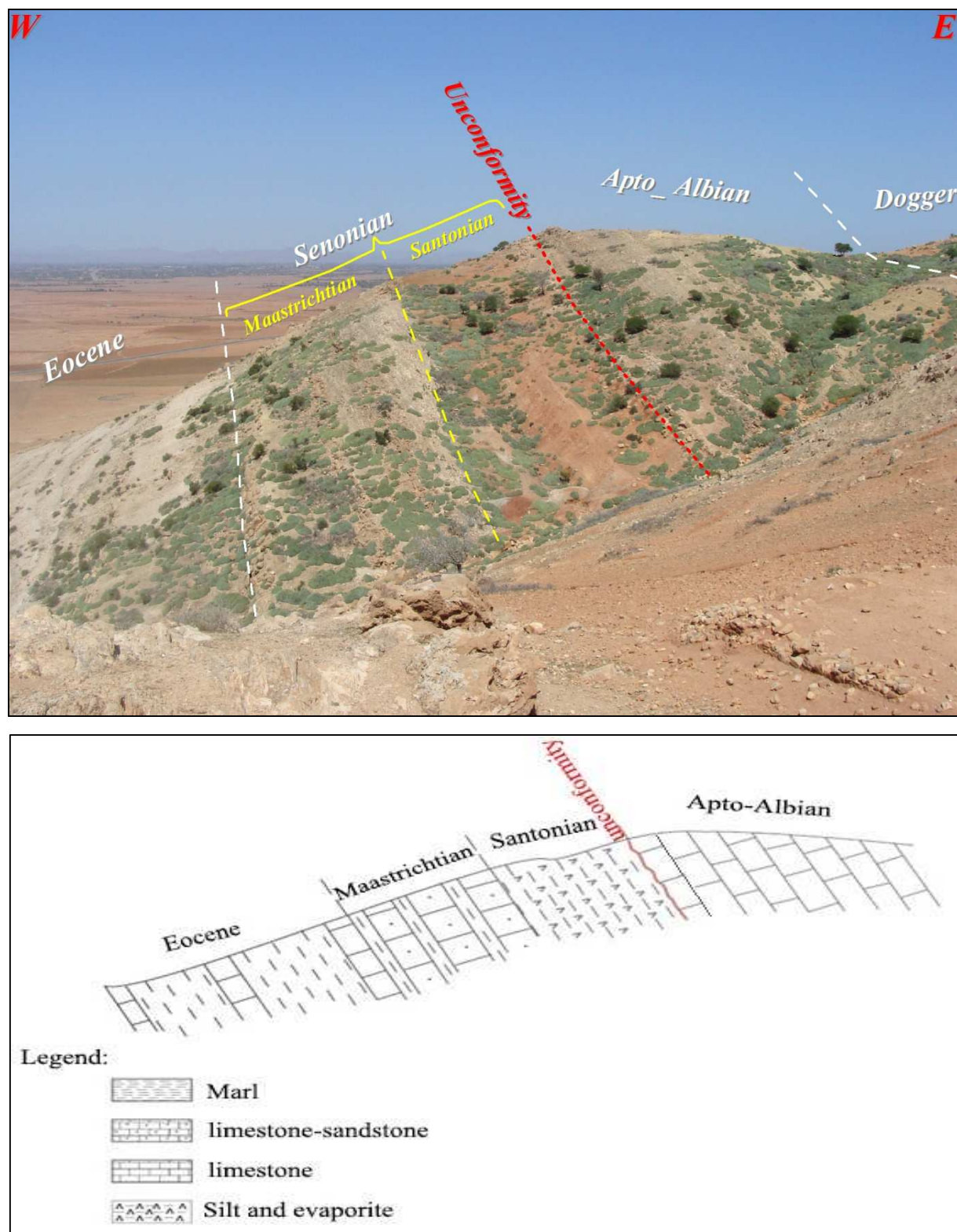


Fig.3 : Vue Panoramic view and geological section of the SW side with an inverse series

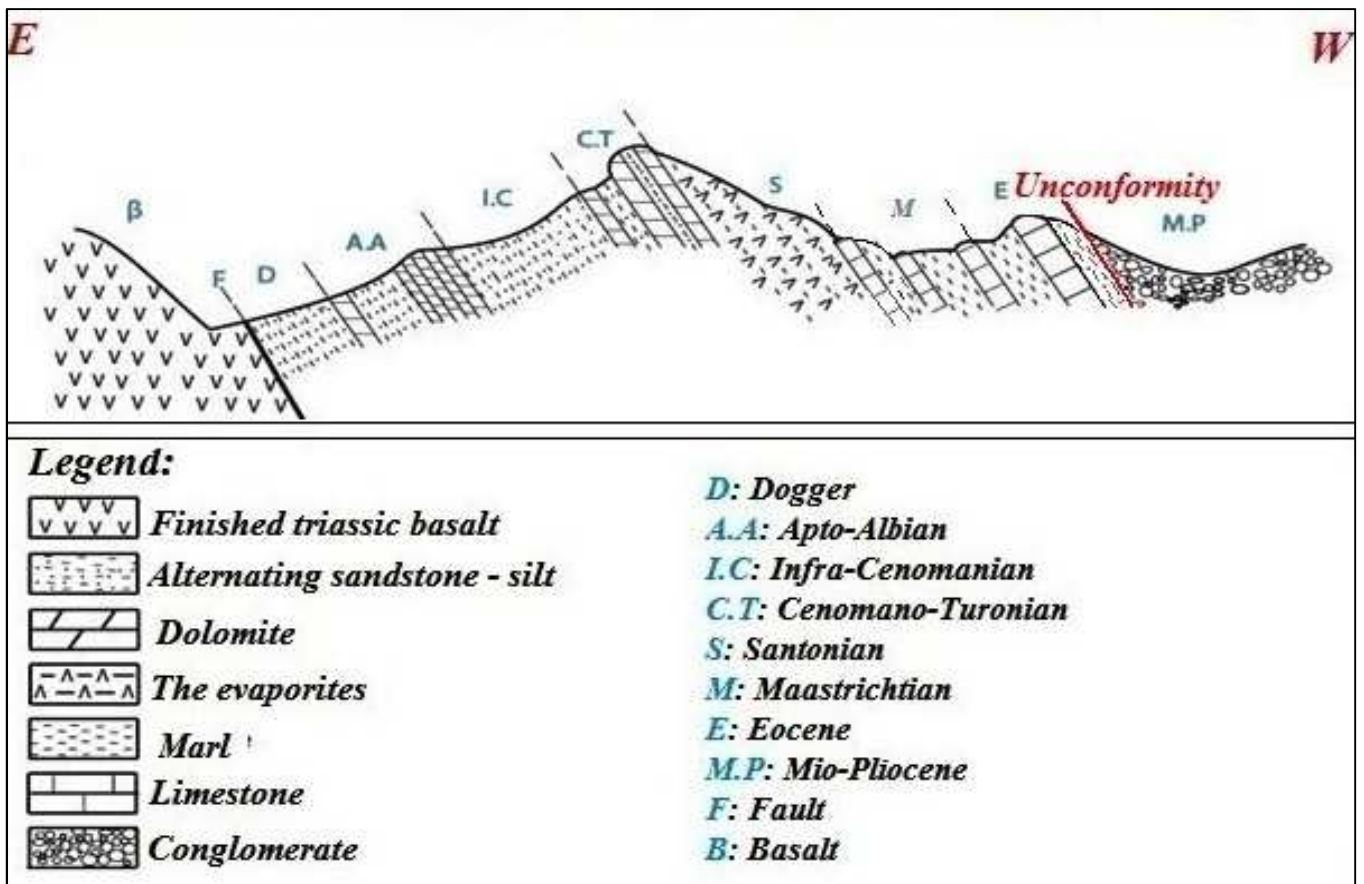
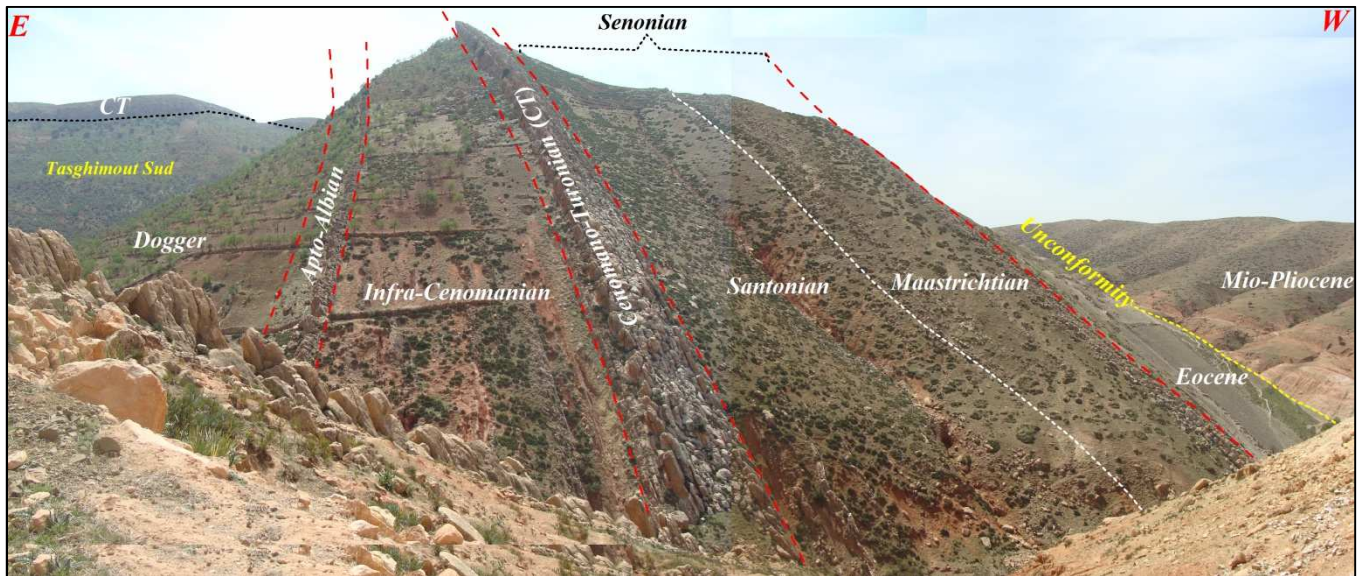


Fig.4 : Vue Panoramic view and geological section of the NW side

STUDY OF CLAY MINERALS

INTRODUCTION

In order to achieve data on the paleoenvironment a diffractometry study of clays (particle size of less than 2 μm) has been performed on various tests: natural state, saturation to ethylene- glycol, heating to 490°C hang two hours. The method pursued is the one designed by **Holtzapel (1985)**

CRYSTALLINITY OF THE ILLITE

The parameter of crystallinity chosen is that of (*Kubler et al, 1979*), which is the width at mid-hauteur (above the background noise) of the Pic 001 illite to $10\text{\AA}^\circ$.

This crystallization is used to highlight the transformations related to diagenesis (*Weaver 1960, Kubler 1968, Dunoyer de Segonzac, 1969*)

The fluctuations of illite crystallinity parameters in our region are limited in the low diagenesis area, which suggests a negligible influence, or even zero diagenesis of burying on the clay mineral. Furthermore, the study area does not show major tectonic index and the overlying deposits are little thick. All these characters argue in favor of a detrital origin of illites, from the erosion of the back country.

MINERALOGY AND CLAY PROCESSIONS

The clay assemblages constituting these units are homogeneous in all samples, they essentially show an association illite-smectite which is omnipresent in all cuts, with relatively high concentrations of illite (42% to 75%). This association is accompanied by other minerals that appear in different ways:

- Of regular interstratified (chlorite - smectite) have been rarely detected with a low percentage (25%). This level shows indications of an evaporite environment;
- The chlorite which does not exceed 23% is always associated with the illite;
- Kaolinite which rarely appears and of a sporadic manner with always having the low concentrations (5 to 10%) ;
- Sepiolite was found in a silo-gypsiferous with a relatively low concentrations.

DISCUSSION AND INTERPRETATION

The illite and chlorite are of primary minerals, they generally come from the erosion areas emerged to accentuated relief. The Associations illite-chlorite, ill, smectite, found in our samples as well as the high percentage of primary minerals it especially the illite, and the character of detrital sediments analyzed, suggest a mechanical erosion active of the continental bedrock under the effect of a morphological rejuvenation of the back country.

The kaolinite is essentially a detrital mineral, characteristic of superficial, acid environment, hot and humid climate and reflecting the proximity of shorelines (*Dunoyer de Segonzac, 1969*). However, it may have a diagenetic origin by neoformation.

In our sector, the low percentage of kaolinite and its association with primary minerals (illite, chlorite), suggests a rather detrital origin and thus reflects the proximity of reliefs relatively accents.

The sepiolite that is a magnesian fibrous clay represents the chemical pole of the clay sedimentation (*Sauterau, 1973*). Its formation, requires the presence of magnesium and silicon, in a basic environment (*Millot. 1964*), to slice of low water, confined in an evaporitic context and under a warm dry climate. Its presence in gypsiferous levels of our sector argues in this sense.

GENERAL CONCLUSION

As a conclusion to all of these data, we propose a sedimentary rocks model under a restricted marine internal platform, of sebkha type whose boundaries are governed by the land surface, leading to an isolation of the environment, favoring water containment, under a warm and arid climate. This environment is intersected by marine incursions generating carbonate deposits to marine influences more important than the sediments underlying and subsequently suggesting slight transgressions, which quickly degenerate.

REFERENCES

- [1] ALGOUTI, A. (1999). Le Sénonien (Coniacien, Santonien, Campanien et Maastrichtien) du Haut Atlas Occidental (Maroc): Sédimentologie, Stratigraphie Séquentielle, Biostratigraphie et Evolution Géodynamique. Thèse d'Etat Es-Sc, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 1-418.
- [2] ALGOUTI, A., ALGOUTI, AB., HADACH, F. (2015). Le Crétacé supérieur de la région d'Imin'Tanout (Haut Atlas Occidental. Maroc) : Sédimentologie, Biostratigraphie et Analyse Séquentielle. *European Scientific Journal (ESJ)*, Volume 11, N°24, pp.182-204.
- [3] DRESNAY (1976). Les structures en «tipis » liées aux faciès carbonatés intertidaux et supratidaux du Lias inférieur , dans le domaine des chaines atlasiques du Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t.282, Série D, pp.2147-2149.
- [4] DUNOYER DE SEGONZAC G (1969). Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme. *Mém. Serv. carte Géol. Als. lor*, 29, Strasbourg, 230 p. 1969.
- [5] FERRANDINI J and LE MARREC A (1982). La couverture jurassique est allochtone dans la « zone des cuvettes » d'Ait Ourir (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 295, série II. pp. 813-816.
- [6] HADACH, F., ALGOUTI, A., ALGOUTI, AB., MOURABIT, Z (2015). Example of paleosebkha littoral deposits of Senonian in the "Basins Zone" of Ait Ourir (Marrakech High Atlas, Morocco). *European Scientific Journal (ESJ)*, Volume11, N°8, pp. 306-316.
- [7] HOLTZAPFFEL T (1985). Les minéraux argileux : préparation, analyse diffractométrique et détermination. *Société géologique du Nord. Publication N° 12*, 130p.
- [8] KENDALL and SKIPWITH (1968). Recent algal mats of a Persian Gulf lagoon. *Jour. Sed. Petrology*, Vol.38, N°4, pp.1040-1058.
- [9] KUBLER, B (1968). Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. *Etat des progrès réalisés ces dernières années*.1968.
- [10] KUBLER and al (1979). Sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite dans quelques roches du Jura, helvétiques et penniques (Suisse occidentale et Haute-Savoie). *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol.72, N°2, pp.347-374.
- [11] LOGAN and al (1974). Evolution and diagenesis of quaternary carbonate sequences, shark Bay, W. Australia. *Am. Assoc. Petrol. Geol. ,Mémoire 22*, 367p.
- [12] MARREC (1982). La couverture jurassique à Paléogène du haut Atlas de Marrakech est allochtone dans la « zone des cuvettes » d'Ait Ourir (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, T295, Sériell, pp.813-816.
- [13] MILLOT (1964). Géologie des argiles, altération, sédimentologie, géochimie. *Masson*, N°252, 408p.
- [14] MORET (1931). Recherches géologique dans l'Atlas de Marrakech. *Notes et Mém. Serv. Mines et Cartes géol. Maroc*, 18, 262p.
- [15] ROCH (1939). Description géologique des montagnes à l'Est de Marrakech. *Notes et Mém. Serv. Maroc*, 51. 438p. 1939.
- [16] SAUTERAU M (1973). Genèse des minéraux argileux, géochimie des éléments majeurs du chrome et du vanadium dans le Batonien moyen du Bassin dde Paris.1973.
- [17] SHINN A (1968). Burrowing in Recent lime sediments of Florida and the Bahamas. *Journ. Paleont*, V . 42, N°4, pp. 897-894, 17fig, pl. 109-112.
- [18] TOULEMANT M (1980). Les gypses lutétien du Bassin de Paris. *Bull. Cent. Rech Explor-Prod. Elf-Aquitaine*, 4, 1, pp. 245-279, 9fig, 3tabl, 4pl. 1980.
- [19] VOGEL (1980). Notice explicative, Carte géol. Du Maroc, Oukaimeden- Toubkal ,inédit, 131p.
- [20] WEAVER C.E (1960). Possible uses of clary minerals in search for oil.1960

Etude édaphique des groupements à *Chamaerops humilis* dans les monts de Traras (Algérie occidentale)

[Edaphic study of the groups at *Chamaerops humilis* in the mounts of Traras (Western Algeria)]

Ali Taibi¹, Okkacha Hasnaoui¹⁻², and Ismahene Cherif¹

¹Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes naturels, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algeria

²Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Tahar Moulay Saida, Algeria

Copyright © 2017 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 mounts of the Tlemcen region are part of the Algerian national forest heritage. These landscapes offer a very interesting biological and edaphic diversity. In these physiognomic landscapes the groupings to *Chamaerops humilis* occupy an important place. This study aims to highlight the edaphic requirements of *Chamaerops humilis* in the mounts of Traras; An integral part of the northern geomorphological structures of the Tlemcen region. To end in our expectations of the physico-chemical analyses on six samples of the ground were realized.. The latter highlight the granulometric and chemical composition on which *Chamaerops humilis* can develop. The results show that the texture that favors good growth of *Chamaerops* varies between silt and sandy loam. The chemical composition of the soils analyzed reveals the edaphic variability that favors this taxon to develop.

KEYWORDS: *Chamaerops humilis*, mounts of Traras, Requirement édaphique, physico-chemical analysis, grouping.

RÉSUMÉ: Les monts de la région de Tlemcen font partie du patrimoine forestier national algérien. Ces paysages offrent une diversité biologique et édaphique très intéressante. Dans ces paysages physionomiques les groupements à *Chamaerops humilis* occupent une place importante. Cette étude a pour objectif de mettre en évidence les exigences édaphiques de *Chamaerops humilis* dans les monts des Traras ; partie intégrante des structures géomorphologiques Nord de la région de Tlemcen. Pour aboutir à nos attentes des analyses physico-chimiques sur six échantillons du sol ont été réalisés. Ces dernières mettent en relief la composition granulométrique et chimique sur lesquelles peut se développer *Chamaerops humilis*. Les résultats révèlent que la texture qui favorise une bonne croissance du *Chamaerops* varie entre limoneuse et limono-sableuse. La composition chimique des sols analysés révèle les variabilités édaphiques qui favorisent ce taxon à se développer.

MOTS-CLEFS: *Chamaerops humilis*, monts de Traras, exigence édaphique, analyse physico-chimique, groupement.

1 INTRODUCTION

Le monde végétal n'est pas seulement dans la dépendance de l'atmosphère d'où il tire une grande partie des composés nécessaire par les différentes réactions photosynthétiques ; il est fixé au sol d'où il prélève d'autres éléments qui ne lui sont pas fournis par les résultats métaboliques de la photosynthèse [1]. Le sol est l'élément principal de l'environnement, il intervient dans la répartition spatiale de la végétation. Il se développe en fonction de la roche mère, la topographie et les

caractéristiques du climat [2]. Duchaufour [3] souligne que le sol est une réserve de substances nutritives et un milieu stable pour l'activité biologique. En région méditerranéenne, il est souvent exposé aux phénomènes de dégradation due pratique humaine très anciennes. Les principaux facteurs responsables de ces interactions sont l'homme et le climat. Selon Bendaanoun [4], toute modification du milieu est suivie par une réaction immédiate de la végétation dont la sensibilité et la fragilité sont très accusée. En Afrique du Nord, cette interaction sol-végétation a été étudiée par de nombreux auteurs, pédologues et phytoécologues [5 - 14].

Les structures géomorphologiques de la région de Tlemcen (Ouest Algérie) sont formées par deux principales montagnes à savoir les monts de Tlemcen et les monts des Traras. Ces ensembles sont occupés par des formations forestières, pré-forestières et matorrals et offrent des modèles d'étude intéressant tant sur le plan floristique et édaphique. Les monts des Traras occupent le Nord de la région et font partie intégrante de la partie Ouest Algérienne. Les espèces végétales qui couvrent les formations géologiques sont nombreuses parmi lesquelles on cite : *Quercus ilex* ; *Quercus suber* ; *Pinus halepensis* ; *Tetraclinis articulata*, *Ceratonia silica*, *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Withania frutescens*, *Withania somnifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Ziziphus lotus* etc.

L'objectif de cette étude est la détermination des facteurs édaphiques (physico-chimiques) susceptibles d'exercer un rôle fondamental sur la répartition des groupements à *Chamaerops humilis* dans les monts de Traras. Cette étude, non encore étudiée à ce jour, nous éclairera sur la plasticité édaphique du ce taxon.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le choix des stations a été guidé par la présence des peuplements à *Chamaerops humilis* dans les stations représentatives des monts de Traras. Le balayage de la zone nous a permis de retenir 2 stations ayant des caractéristiques physiologiques identiques, il s'agit de Rachgoun et Honaine. Les emplacements ont été choisis au sein de milieux floristiquement homogènes et représentatifs de l'ensemble des groupements ayant des affinités écologiques propres.

2.1.1 STATION DE RACHGOUN

Cette station se situe à une altitude moyenne de 51 m et une exposition Nord-ouest et dont les coordonnées Lambert sont: 35°17'34" de latitude Nord et 01°28'00" de longitude Ouest; elle présente un taux de recouvrement de 70%. Sur le plan floristique, la station est dominée par: *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Lavendula dentata*, *Lavendula multifida*, *Stachys ocymastrum* et *Withania frutescens*.

2.1.2 STATION DE HONAÏNE

La station d'étude se localise à une altitude moyenne de 650 m et présente une exposition Ouest. Les coordonnées Lambert sont comprises entre 35°04'44.6" de latitude Nord et 01°40'54.0" de longitude Ouest. La station correspond à un matorral ouvert avec un taux de recouvrement compris entre 25 à 40 % et les espèces suivantes: *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, *Calycotome intermedia*, *Ampelodesma mauritanicum* et *Lavendula dentata* dominant physiologiquement.

2.2 MÉTHODES

Pour mieux comprendre les paramètres physico-chimiques qui régissent la répartition spatiale du genre *Chamaerops* nous avons réalisé un échantillonnage systématique. Pour cela nous avons effectué des prélèvements de sol au niveau superficiel (0-30 cm) de la rhizosphère du *Chamaerops humilis* pour les deux stations. Pour chaque station 3 composites de sol ont été réalisés soit 6 au total. Les sites de prélèvements répondent à certaines caractéristiques dont : l'homogénéité floristique et les affinités écologiques.

Les échantillons de sol prélevés sont mis dans des sachets en plastique et transportés au laboratoire et sont mis à sécher à l'air libre et à une température ambiante de 20 °C pendant deux semaines. Une fois séchée, la terre est tamisée par un tamis à mailles de 2 mm afin de séparer les éléments grossiers de la terre fine inférieure à 2 mm. Nous avons récupéré la terre fine utile pour la réalisation des analyses physico-chimiques. Les méthodes utilisées sont celles exposées par Aubert [15] et Baize [16]. Les analyses du sol ont été effectuées au niveau du laboratoire de pédologie de l'Université de Tlemcen et laboratoire des travaux publics d'Abou Tachfine (Tlemcen).

Les principales analyses effectuées sont :

➤ **Les analyses physiques :**

- La granulométrie (texture), méthode de Casagrande,
- La couleur selon le code Munsell.
- L'humidité.

➤ **Analyses chimiques :**

- Le pH a été le pH mètre,
- La conductivité électrique a été faite par la méthode de l'extrait aqueux au 1/5 en utilisant un conductivimètre
- Les Carbonates (CaCO_3) ont été quantifiés par méthode du calcimètre de Bernard,
- La Matière Organique a été déterminée par le rapport de Wasman [16].

Ces approches méthodologiques nous permettent de cerner la plasticité édaphologique des groupements à *Chamaerops* dans les monts de Traras.

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés sont regroupés dans les tableaux 1 et 2.

3.1 LA STATION DE RACHGOUN

Tableau N°1 : Les résultats des analyses physico-chimiques des sols de la station Rachgoun

Echantillons	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Granulométrie %	Sable	30%	38%
	Limon	51%	37%
	Argile	19%	25%
Texture	L-f	L	L-s
Humidité	12.9	13	9
pH	7.48	7.55	7.62
C.E. mS/cm	0.19	0.16	0.16
CaCO_3 (%)	0.20%	0%	4%
Couleur	7.5YR5/4	7.5YR5/2	7.5YR5/3
Matière organique	1.32%	0.6%	3%

La transposition des résultats granulométriques sur le triangle de texture montre que les sols prélevés sont globalement riche en limon avec un pourcentage oscillant entre 20% et 51% et ils sont assez importants en sable (30% - 67%). De ce fait, les sols ont des textures oscillant entre limoneuse (E2) ; limoneuse fine (E1) et Limono-sableuse (E3) (Figure 01). La présence de ce fort pourcentage de limon entraine une rétention d'humidité assez importante allant de 9 à 13%. Le pH est plutôt neutre, quand à la matière organique le pourcentage est plutôt faible (0.6% à 3%). Sur ces sols se développe les espèces végétales suivantes : *Chamaerops humilis*, *Calycotome intermedia*, *Pistacia lentiscus*, *Lavendula dentata*, *Lavendula multifida*, *Stachys ocymastrum*.

3.2 LA STATION DE HONAINE

Tableau N°2 : Les résultats des analyses physico-chimiques des sols de la station de Honaine.

Echantillons	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Granulométrie %	Sable	50%	66%
	Limon	33%	20%
	Argile	17%	14%
Texture	L	L-s	L
Humidité	11	9	12.6
pH	7.96	6.90	7.93
C.E. mS/cm	0.19	0.15	0.17
CaCo3 (%)	38%	9%	15%
Couleur	10YR4/3	10YR4/4	7.5YR4/2
Matière organique	2.18%	1.70%	2.10%

Globalement les sols de cette station sont généralement limoneux (20% à 39%) (Figure 01). Ce fort pourcentage favorise une bonne rétention de H₂O. Le pH tend vers l'alcalinité et le pourcentage de la matière organique est réduit (1.70% à 2.18%). La moyenne de la matière organique relève un taux faible de cet élément vital pour le bon développement des espèces de ces groupements.

En général, *Chamaerops humilis* préfère les sols à pourcentage en limon assez important lui permettant ainsi à retenir l'eau entre les interstices en période de sécheresse. Cette stratégie permet à ce taxon de s'adapter aux conditions de vie difficile lors des périodes de longue sécheresse comme ce que l'on constate actuellement. Il faut noter aussi que nos régions ont une tendance vers la xéricité selon les travaux réalisés par les travaux de recherche en Ecologie et Gestion des écosystèmes Naturels de l'Université de Tlemcen.

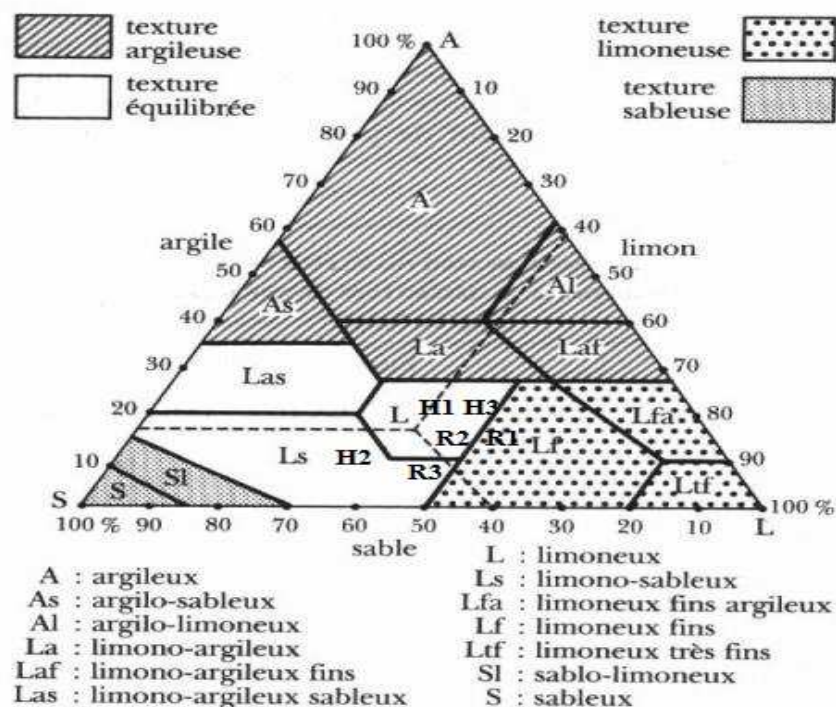


Fig. 1. Triangle des textures des sols étudiés

H1-H2 et H3 = Sols de la station de Honaine

R1-R2 et R3 = Sols de la station de Rachgoun.

4 CONCLUSION

Les analyses physiques et chimiques réalisées sur les sols à *Chamaerops humilis* montrent que ce dernier se développe sur des faciès édaphiques à dominance limoneuse ou limono-sableuse. La prédominance des limons correspond généralement à une stabilité structurale, néanmoins cette dernière est très sensible à la dégradation des écosystèmes. Le taux d'humidité enregistré dans les différentes analyses est moyen, il oscille entre 9 et 13 %. La présence d'une quantité notable de limon ; qui ont la capacité de retenir l'eau ; augmente le pourcentage de l'eau entre les particules du sol par contre dans les échantillons sableux l'humidité est moins importante. Par ces racines nombreuses et enchevêtrées *Chamaerops humilis* a la capacité de moduler les pertes d'eau des sols et réduit leurs déshydratations. Le facteur de compensation de l'humidité peut jouer, dans ce cas, un rôle important dans le maintien du couvert végétal [13]. Les pH obtenus restent peu alcalin et n'engendrent aucune toxicité vis-à-vis de la végétation de manière globale. Les sols analysés ne sont généralement pas salés et ont une conductivité électrique faible (avec un maximum de 0.19 mS/cm). Les charges en calcaire sont moyennes presque pour tous les échantillons, c'est là une des caractéristiques des sols méditerranéens, à savoir leur richesse en « calcaire ». Le taux de la matière organique reste globalement faible dans les sols étudiés de la zone d'étude. Ce taux dépend de l'âge et du type des formations végétales sur place d'un côté et de l'abondance des éléments grossiers de l'autre côté. Benabadji [18] signale que les principaux paramètres édaphiques participant à la diversité du tapis végétal relèvent essentiellement de la matière organique et de la granulométrie ; néanmoins ces paramètres édaphiques viennent après le degré de recouvrement du substrat.

REFERENCES

- [1] Elhai H., 1968. Biogéographie, Paris, A. Colin.
- [2] Ozenda P., 1954. Observation sur la végétation d'une région semi-aride : les hauts plateaux du sud algérois. Bull. Soc. Nat. Afr. Nord. 4. 385p.
- [3] Duchaufour Ph., 1977. Pédologie. Tome I, pédogénèse et classification. Masson et Cie Edit. Paris. 477 p.
- [4] Bendaanoun M., (1981). Étude synécologique et syndynamique de la végétation halophile et hygro-halophile de l'estuaire de Bou-regreg (littoral atlantique du Maroc). Application et perspectives d'aménagement. Thèse Doct. Ing. Fac. Sci. Et Tech. St Jérôme, Aix-Marseille, 221p. + annexes.
- [5] Ruellan A., 1971. Les sols à profil calcaire différencié des plaines de Basse- Moulouya (Maroc Oriental). Contribution à la connaissance des sols Méditerranéens. Mém. O.R.S.T.O.MN° 54. 302 p.
- [6] Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Trav.et Doc.ORSTOM. Paris. 555 p.
- [7] Alcaraz C., 1982. La végétation de l'Ouest algérien. Thèse d'Etat, Université de Perpignan, 415 p + annexe.
- [8] Bottner P., 1982. Évolutions des sols et conditions bioclimatiques méditerranéennes. Ecologia Méd. VII (1/2). Pp : 115-134.
- [9] Dimanche P., 1983. Contribution à la connaissance pédologique et édaphique du milieu forestier Tunisien. Thèse Doct. Es. Sc. Agrn. Facul. Sc. Agr. Etat Gem blox. Belgique. 262 p+ annexes.
- [10] Selmi., 1985. Différentiation et fonctionnement des écosystèmes forestiers sur grès numidien de Krouminie (Tunisie). Ecologie de la Subéraie. Zénaie. Thèse Doct. Es. Sci. Univ. Nancy. 198 p.
- [11] Aimé S., 1988. Aspects écologiques de la présence de quelques espèces steppiques (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Artemisia herba-alba*, *Noaea mucronata*) en Oranie littorale. Biocénoses. Bull. Ecol. Terr. Tome 3. N°12, 1988. U.R.B.T. pp: 16-24
- [12] Michalet R., 1991. Une approche synthétique bio-pédoclimatique des montagnes méditerranéennes. Exemple du Maroc Septentrional. Thèse Doct d'état. Es. Sci. Univ. Joseph Fournier – Grenoble I. 273 p.
- [13] Hasnaoui O., 1998. Etude des groupements à *Chamaerops humilis* L. *subsp. argentea* dans la région de Tlemcen. Magistère en Ecologie végétale - Univ. De Tlemcen.
- [14] Sari A., 2004. Etude des relations sol-végétation de quelques halophytes dans la région Nord de Tlemcen. Magistère – Univ. De Tlemcen.
- [15] Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. 2^{ième} Ed. Centre régional de Documentation Pédagogique. CRDP Marseille. 191 p.
- [16] Baize D., 2000. Guide des analyses pédologiques- Ed. INRA, 266 p.
- [17] Bonneau M. et Souchier B., 1979. Pédologie : Constituants et propriété du sol. Tome II Ed. Masson.
- [18] Benabadji N., 1991. Eude phytoécologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse Doct. Science. Univ. Aix. Marseille III. St Jérôme, 219 p + annexes.

COMPARAISON DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE LA SOUCHE « BOUAKE » DE *Oreochromis niloticus* TRAITES AU 17- α -METHYLTESTOSTERONE ET LEURS RENTABILITES, DANS TROIS STRUCTURES D'ELEVAGE

[COMPARISON OF GROWTH PERFORMANCE OF STRAIN "BOUAKÉ" *Oreochromis niloticus* OF TREATED TO 17- α -METHYLTESTOSTERONE AND THEIR PROFITABILITY, IN THREE BREEDING STRUCTURES]

Kophy TIGOLI¹, Moussa CISSE¹, Mamadou KONE², Mamadou OUATTARA¹, Allassane OUATTARA¹, and Germain GOURENE¹

¹Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Nutrition et de Santé Animales, UFR des Environnements, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: To assess the influence of the breeding structure on the effectiveness of sexual inversion, growth performance and economic returns of Bouaké strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, hormonal treatment with 17- α -methyltestosterone was performed in three breeding structures: concrete basin (lot I), in happa implanted in earthen pond (lot II) and concrete basin without happa (lot III). The success rate of sexual inversion is 100% male in the three lots. The final average weights recorded were $2,35 \pm 0,24$ g (lot II), $2,06 \pm 0,72$ g (lot I) and $1,53 \pm 0,65$ g (lot III). The daily growth and the specific growth rate significantly different only between the Lot II and Lot III. The survival rate, the nutrient ratio and condition factor were not affected by the farming structure. The cost of producing a fry of 5 g recorded for Lot III ($19,82 \pm 0,40$ F CFA) was significantly ($p < 0,05$) higher than that obtained in the lot II ($14,59 \pm 1,49$ F CFA) and to that noted in the lot I ($16,12 \pm 0,10$ F CFA). Profitability indices are $2,4 \pm 0,25$ for Lot II, $2,17 \pm 0,12$ for Lot I and $1,76 \pm 0,25$ for Lot III. The best results were recorded at the happa implanted pond followed by those installed in concrete basin.

KEYWORDS: *Oreochromis niloticus*, breeding structures, 17- α -methyltestosterone, sex reversal, zootechnic and economic parameters.

RESUME: Afin d'évaluer l'influence de la structure d'élevage sur l'efficacité de l'inversion sexuelle, les performances de croissance et la rentabilité économique de la souche Bouaké du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*, un traitement hormonal par le 17- α -méthyltestosterone a été réalisé en happa installé en bassin bétonné (lot I), en happa implanté en étang en terre (lot II) et en bassin bétonné sans happa (lot III). Le taux de réussite de l'inversion sexuelle est de 100 % mâles au niveau des trois lots. Les poids moyens finaux notés sont de $2,35 \pm 0,24$ g (lot II), de $2,06 \pm 0,72$ g (lot I) et de $1,53 \pm 0,65$ g (lot III). La croissance journalière et le taux de croissance spécifique diffèrent significativement uniquement entre le lot II et le lot III. Le taux de survie, le quotient nutritif et le facteur de condition n'ont pas été affectés par la structure d'élevage. Le coût de production d'un alevin de 5 g enregistré pour le lot III ($19,82 \pm 0,40$ F CFA) est significativement ($p < 0,05$) supérieur à celui obtenu au niveau du lot II ($14,59 \pm 1,49$ F CFA) et à celui noté dans le lot I ($16,12 \pm 0,10$ F CFA). Les indices de rentabilité sont de $2,4 \pm 0,25$ pour lot II, de $2,17 \pm 0,12$ pour le lot I et de $1,76 \pm 0,25$ pour le lot III. Les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau des happas implantés en étang suivie de ceux installés en bassin bétonné.

MOTS-CLEFS: *Oreochromis niloticus*, structures d'élevage, 17- α -méthyltestosterone, inversion sexuelle, paramètres zootechniques et économiques.

1 INTRODUCTION

En milieu d'élevage, les espèces du genre *Oreochromis* sont caractérisées par une reproduction très fréquente (plusieurs pontes par année) et une maturation sexuelle précoce [1]. Ceci conduit à une mobilisation de l'énergie destinée à la croissance somatique vers le développement des organes reproducteurs et les comportements de reproduction. Il en résulte ainsi une surpopulation en poissons de petites tailles non commercialisables [2]. Chez *Oreochromis niloticus*, il existe un dimorphisme de la croissance en faveur des mâles à un stade précoce de développement [3]. Pour prévenir ce nanisme et permettre un accroissement de la production et de la rentabilité économique de l'élevage, les pisciculteurs ivoiriens utilisent le sexage précoce manuel pour le contrôle de la reproduction et de la sélection du sexe chez les tilapias. Il est basé sur le dimorphisme sexuel de la papille urogénitale [4]. Cette pratique requiert de la main d'œuvre qualifiée et du temps. Elle conduit à des erreurs de sexage de 2,7 % à 10 % [5] et à une élimination de 50 % de la population après deux à trois mois d'élevage [2].

Au regard des limites de cette technique pratiquée en Côte d'Ivoire, le contrôle de la production du tilapia par l'inversion hormonale du sexe peut être envisagé [2]. L'approche relativement empirique adoptée jusqu'ici a permis de déboucher rapidement sur des traitements masculinisant efficaces à 100 %. Elle est la plus utilisée dans les élevages semi-intensifs et intensifs à cause de son efficacité et de sa fiabilité. En revanche, aujourd'hui appliquée à grande échelle en Asie, cette pratique n'est pas encore vulgarisée dans les piscicultures ivoiriennes.

La pratique de l'inversion hormonale nécessite des structures d'élevage adaptées à la manipulation des larves telles que les bassins bétonnés et les happas. Ces structures n'existent pas dans la majorité des piscicultures ivoiriennes. Or la pratique efficiente de la pisciculture (alevinage) implique l'utilisation de structures d'élevage qui favorisent une bonne croissance des poissons [6]. La vulgarisation de l'inversion hormonale en Côte d'Ivoire exige son adaptation aux structures d'élevage (étangs) largement répandues dans les piscicultures. C'est dans ce contexte que cette étude se propose de comparer les performances de croissance de la souche « Bouaké » de *Oreochromis niloticus* traités au 17-alpha-méthyltestostérone et leurs rentabilités en bassins bétonnés sans happa, en happas installés en bassins bétonnés et en happas installés en étangs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRODUCTION DES LARVES ET CONSTITUTION DES LOTS EXPERIMENTAUX

Quatre-vingt (80) géniteurs de *Oreochromis niloticus* (20 mâles et 60 femelles) ont été mis en reproduction dans un happa de reproduction (5 x 2,5 x 1,2 m) installé dans un bassin de 24 m². Tous les 14 jours, les larves ont été récoltées, dénombrées et distribuées dans les structures d'élevage à raison de 300 ind./m². A cet effet, trois lots de larves ont été constitués en triplicata (Tableau I), le lot I en happa (1 m²) installé en bassin bétonné de 24 m², le lot II en happa (1 m²) implanté en étang et le lot en bassin bétonné (3 m²) sans happa.

Tableau I. Synthèse des conditions expérimentales adoptées

Lots constitués	Souche	Nombre de lots	Nombre de larves /lot	Structure d'élevage
Lot I	Bouaké	3	300	Happa installés en bassin
Lot II	Bouaké	3	300	Happa installés en étang
Lot III	Bouaké	3	300	Bassin en béton

2.2 PRÉPARATION DES ALIMENTS HORMONAUX ET ALIMENTATION DES LOTS CONSTITUÉS

La préparation des aliments hormonaux a été réalisée selon [7]. Une solution hormonale a été obtenue en dissolvant 70 mg d'hormone dans 100 ml d'éthanol 96 %. A chaque préparation de l'aliment hormonal, 1 kg de l'aliment (50 % de protéine) a été aspergé par la solution hormonale obtenue précédemment. L'ensemble est soigneusement mélangé et l'aliment contenant 70 mg d'hormone/kg a été obtenu. Cet aliment contenant l'hormone est séché à la température ambiante à l'obscurité, afin de faire évaporer l'alcool. L'aliment contenant l'hormone a servi à nourrir les larves des lots constitués. La durée du traitement hormonal a été fixée à quatre semaines (28 jours). Après le traitement hormonal, les larves ont été alimentées avec le même aliment (50 % de protéine) dépourvu d'hormone jusqu'à l'obtention des alevins marchands d'environ 5 g. Les larves ont été nourries à 100 % de la biomasse/jour durant les trois premières semaines et à 20 % au cours de la dernière semaine du traitement hormonal pour tous les lots. Les rations alimentaires quotidiennes ont été servies manuellement à la volée à intervalle régulier d'une heure soit 12 repas de 07 h à 18 h.

2.3 EVALUATION DES PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Des pêches de contrôle ont été effectuées tous les sept jours. A chaque pêche, des échantillons de trente larves ont été pris au hasard dans chaque lot. Des prises de longueurs et de poids individuels ont été effectuées. A la fin de l'élevage, les poissons de chaque lot ont été comptés. Par la suite, les différents paramètres de performances zootechniques à savoir, le sexe ratio, le taux de survie, le gain de poids moyen, le gain de poids moyen journalier, le taux de croissance spécifique, le quotient nutritif et le facteur de condition ont été déterminés.

2.4 EVALUATION DE LA RENTABILITÉ FINANCIÈRE

La rentabilité financière de chaque traitement a été estimée à travers une analyse économique simplifiée selon [8]. Ainsi, la biomasse [9], le prix de revient de la biomasse [8] et l'indice de rentabilité [10] ont été déterminés. Le coût de production d'un alevin marchand (5 g) a été également évalué. Ces paramètres ont été déterminés selon les formules ci-dessous (Tableau II).

Tableau II : Formules utilisées pour évaluer les paramètres de la rentabilité financière

Paramètres	Formules
Coût de production d'un alevin marchand (F CFA)	Coût de production total (F CFA) / Nombre d'alevins marchands récoltés
Biomasse (g)	Poids moyen final (g) x Nombre d'alevins marchands survivants
Prix de revient de la biomasse (F CFA)	Nombre d'alevins marchands survivants x Prix de revient d'un alevin marchand (F CFA)
Indice de rentabilité	Prix de revient de la biomasse / Coût de production total

2.5 ANALYSE STATISTIQUE

Les paramètres zootechniques (poids final, gain de poids journalier, taux de croissance spécifique, quotient nutritif et le facteur de condition) ont été soumis à des analyses de variance à un critère (ANOVA 1). Toutes ces analyses ont été suivies des tests de comparaisons multiples de Tukey. Les poids individuels et les tailles individuelles ne suivant pas une distribution normale (test de normalité) de ce fait, ils ont été donc soumis à des analyses non-paramétriques (Kruskal-Wallis et Mann-Whitney) pour tester les différences de poids entre les lots expérimentaux constitués [11]. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA 7. 1.

3 RESULTATS

3.1 CROISSANCE PONDÉRALE

Le profil de la croissance pondérale des poissons élevés dans les trois structures testées sont présentés par la figure 1. L'analyse de l'évolution du poids moyen montre une forte variation des valeurs entre les larves traitées. A l'issue des 28 jours d'élevage, les poids moyens sont passés de $0,01 \pm 0,001$ g à $2,06 \pm 0,72$ g dans le lot élevé en happas en bassin, à $2,35 \pm 0,24$ g dans le lot en happas en étang et à $1,53 \pm 0,65$ g pour le lot en bassin bétonné. L'analyse des données montre que les poids moyens finaux des poissons diffèrent significativement d'une structure à l'autre.

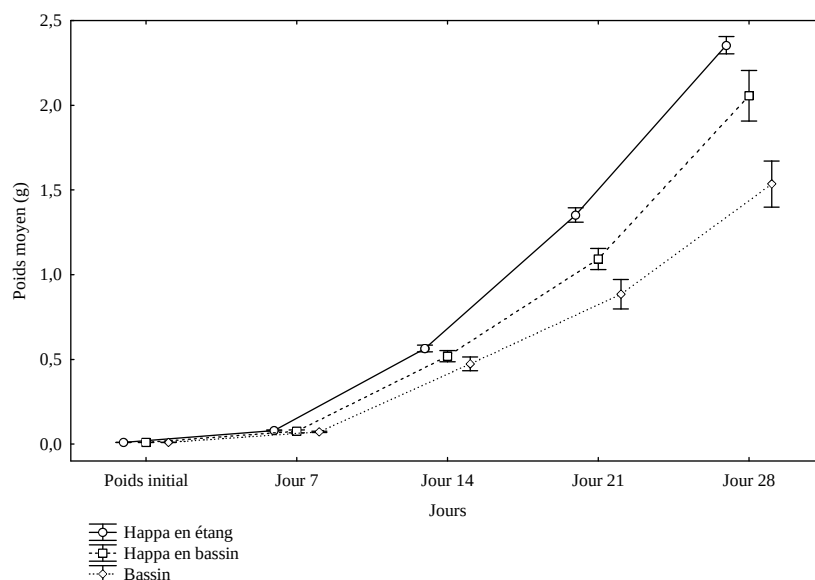


Figure 1 : Courbes de croissance pondérale de la souche Bouaké de *Oreochromis niloticus* durant l'inversion sexuelle en fonction des structures d'élevage (barre verticale = écart type)

3.2 EVOLUTION DES PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Les données relatives aux paramètres zootechniques sont consignées dans le tableau III. La proportion de mâles obtenue est de 100 % au niveau des trois structures d'élevage étudiées. Les moyennes journalières de la croissance pondérale et le taux de croissance spécifique diffèrent significativement (test HSD de Tukey : $p < 0,05$), uniquement, entre le lot II et le lot III. S'agissant des moyennes journalières de la croissance pondérale, elles sont de $0,084 \pm 0,007$ g/j, de $0,073 \pm 0,015$ g/j et de $0,055 \pm 0,004$ en respectivement pour le lot II et le lot I et le lot III. Pour le taux de croissance spécifique, les valeurs obtenues sont de $19,49 \pm 0,28$ pour le lot II, de $18,98 \pm 0,71$ pour le lot I et de $17,97 \pm 0,24$ pour le lot III. En revanche, pour le taux de survie, le quotient nutritif et le facteur de condition, aucune différence significative (test HSD de Tukey : $p < 0,05$) n'a été enregistrée d'une structure à une autre. Les valeurs moyennes du taux de survie sont de $95,67 \pm 2,08$ pour le lot II, de $95,65 \pm 2,65$ pour le lot I et de $90,33 \pm 1,53$ pour le lot III. S'agissant des valeurs du quotient nutritif, elles sont de $1,17 \pm 0,11$ pour le lot II, de $1,29 \pm 0,11$ pour le lot I et de $1,36 \pm 0,04$ pour le lot III. Le quotient nutritif le plus élevé a été enregistré au niveau du lot III. Relativement aux facteurs de condition, ils sont de $1,59 \pm 0,27$ pour le lot II, de $1,76 \pm 0,11$ pour le lot I et de $1,96 \pm 0,046$ pour le lot III.

Tableau III : Paramètres des performances zootechniques observés chez les larves des souches Bouaké de *Oreochromis niloticus* selon les structures d'élevage

PARAMETRES	LOT II (HAPPA EN ETANG)	LOT I (HAPPA EN BASSIN)	LOT III (BASSIN)
Poids initial (g)	$0,01 \pm 0,001^a$	$0,01 \pm 0,001^a$	$0,01 \pm 0,001^a$
Poids final (g)	$2,35 \pm 0,24^a$	$2,06 \pm 0,72^{ab}$	$1,53 \pm 0,65^b$
Gain de poids (g)	$2,34 \pm 0,18^a$	$2,05 \pm 0,406^{ab}$	$1,53 \pm 0,1^b$
Gain de poids journalier (g/j)	$0,084 \pm 0,007^a$	$0,073 \pm 0,015^{ab}$	$0,055 \pm 0,004^b$
Taux de croissance spécifique (%/j)	$19,49 \pm 0,28^a$	$18,98 \pm 0,71^{ab}$	$17,97 \pm 0,24^b$
Quotient nutritif	$1,17 \pm 0,11^a$	$1,29 \pm 0,11^a$	$1,36 \pm 0,04^a$
Facteur de condition (K)	$1,59 \pm 0,27^a$	$1,76 \pm 0,11^a$	$1,96 \pm 0,046^a$
Proportion de mâles (%)	$100,00 \pm 0,00^a$	$100,00 \pm 0,00^a$	$100,00 \pm 0,00^a$
Taux de survie (%)	$95,67 \pm 2,08^a$	$95,00 \pm 2,65^a$	$90,33 \pm 1,53^a$

($\pm$) : Ecart - type.

Les différentes lettres (a et b) sur une même ligne dans le tableau indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$; ANOVA 1) entre les structures d'élevages. Et les valeurs partageant au moins une lettre en commun sur chaque ligne dans le tableau ne diffèrent pas à $p > 0,05$.

3.3 DISTRIBUTION DE POIDS ET DE TAILLE FINAUX INDIVIDUELS

Les différentes classes de poids et de longueurs individuels sont représentées sur la figure 2. L'analyse de fréquence montre tous les poissons du lot II et lot I en bassin bétonné ont dépassé un poids requis de 1 g, seuil admis pour la fin du stade larvaire. En revanche, seuls 75 % des larves traitées du lot III ont atteint un poids supérieurs à 1 g. Les poids finaux individuels enregistrés varient de 1,961 g à 3,458 g (lot II), de 1,005 g à 3,673 g (lot I) et de 0,453 g à 3,222 g (lot III). Relativement aux tailles finales individuelles correspondantes, elles sont comprises entre 4,7 et 5,7 cm (lot II) ; entre 3,8 et 6 cm (lot I) et entre 2,9 et 5,7 cm (lot III). Selon l'ANOVA de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$), les poids finaux et les tailles finales individuels observés diffèrent significativement d'une structure d'élevage à une autre.

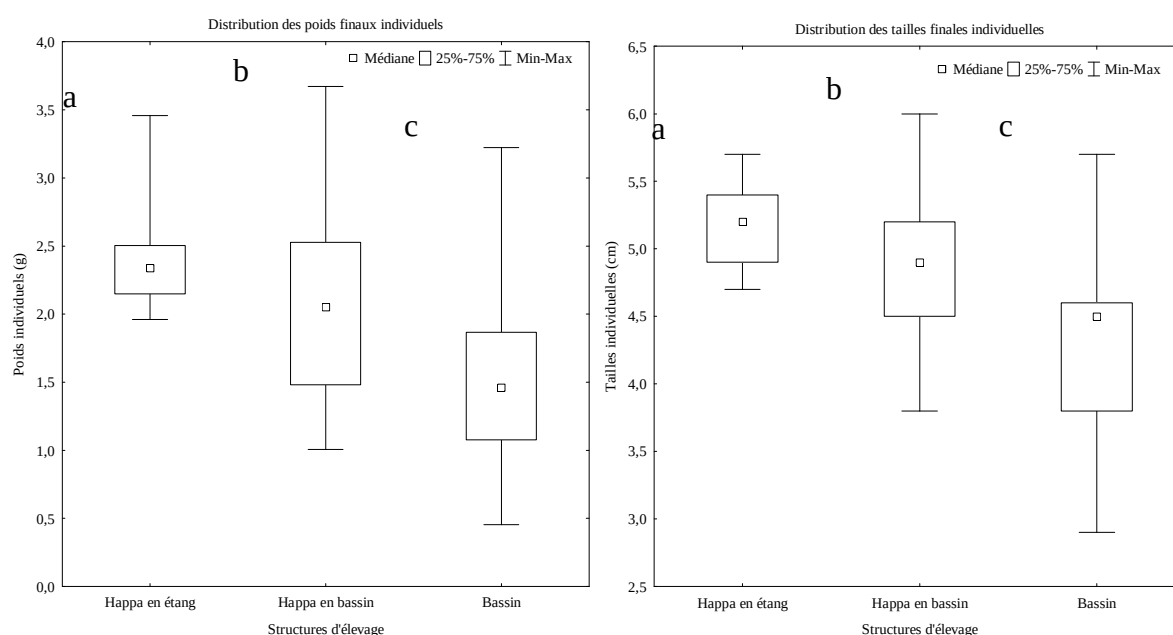


Figure 2 : Distribution de poids individuel et de la taille (longueur standard) des larves de la souche Bouaké du tilapia *Oreochromis niloticus* en fonction des structures d'élevage. Pour chaque graph, les différentes lettres alphabétiques sur les boîtes à moustache (box plots) indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$).

3.4 EVALUATION DE RENTABILITÉ FINANCIÈRE

Les résultats des différents paramètres évalués sont résumés le tableau III. Le coût de production d'un alevin marchand de 5 g avec l'hormone en bassin bétonné sans happa ($19,82 \pm 0,40$ F CFA) est significativement (test HSD de Tukey : $p < 0,05$) supérieur à celui des lots traités en happas installés en étang ($14,59 \pm 1,49$ F CFA) et à celui des lots traités en happa installés en bassin bétonné ($16,12 \pm 0,10$ F CFA). Relativement aux indices bénéficiaires, ils sont de $2,4 \pm 0,25$ en happa installé en étang, de $2,17 \pm 0,12$ en happa installé en bassin et de $1,76 \pm 0,25$ en bassin. La comparaison de ces valeurs montre que l'indice de rentabilité diffère significativement (test HSD de Tukey : $p < 0,05$) entre les happas installés en étang et les bassins bétonnés et entre les happas installés en bassin et les bassins bétonnés.

Tableau IV : Paramètres économiques de la souche Bouaké selon la structure d'élevage

PARAMETRES ECONOMIQUES	STRUCTURE D'ELEVAGE		
	HAPPA ETANG	HAPPA BASSIN	BASSIN
Coût de production (F CFA)	4194,48 $\pm$ 619,56 ^a	4991,77 $\pm$ 1029,25 ^{ac}	6186,00 $\pm$ 341,18 ^{bc}
Cout de la biomasse	9833,60 $\pm$ 0,87 ^a	9076,80 $\pm$ 1953,79 ^a	9368,76 $\pm$ 691,27 ^a
Coût de production d'un alevin de 5 g	14,59 $\pm$ 1,49 ^a	16,12 $\pm$ 0,10 ^a	19,82 $\pm$ 0,40 ^b
Indice bénéficiaire	2,4 $\pm$ 0,25 ^a	2,17 $\pm$ 0,12 ^a	1,76 $\pm$ 0,25 ^b

p-value : Degré de significativité ; ($\pm$) : Ecart - type.

Les différentes lettres sur une même ligne dans le tableau indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$; ANOVA 1) entre les lots traités et témoins. Et les valeurs partageant une lettre en commun sur chaque ligne dans le tableau ne diffèrent pas à $p > 0,05$.

4 DISCUSSION

Hormis le sexe ratio, l'analyse des résultats zootechniques en fonction de la structure d'élevage indique que les valeurs enregistrées sont significativement meilleures en happa (installé en bassins et en étang) qu'en bassin. La réussite du traitement hormonal n'a pas été affectée par le type de structure d'élevage. Une proportion de mâles de 100 % a été enregistrée au niveau des trois structures d'élevage étudiées. Ces résultats sont en contradiction à ceux de [12] qui ont révélé une variabilité de l'efficacité des traitements hormonaux en fonction des structures d'élevage, suite aux traitements masculinisant à dose de 30 mg de méthyltestosterone/kg d'aliment appliquée pendant 30 jours. Il a obtenu 90 % et 70,22 % de mâles respectivement en aquarium et happas. Nos résultats révèlent que l'efficacité des traitements en fonction des structures d'élevage est identique. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que dans ces structures d'élevage, les larves ne disposent d'aucune autre source d'alimentation que l'aliment exogène contenant l'hormone. Effet, la présence d'autre souche d'alimentation pourrait engendrer une diminution de l'ingestion de l'aliment contenant l'hormone et par voie de conséquence affecter négativement l'efficacité des traitements. Selon [13], toute condition qui affecterait ou induirait une variation de la prise alimentaire, pourrait de fait réduire l'efficacité des traitements.

L'observation de nos résultats montre que les performances de croissance et de production varient selon la structure d'élevage. [14] a abouti à une conclusion similaire, en évaluant l'influence de la structure d'élevage sur les performances de croissance de la souche isolée du *Sarotherodon melanotheron*. Cette variabilité des performances selon la structure d'élevage a été mise en évidence par [12]. Il a enregistré une meilleure performance de croissance en happa qu'en aquarium et en bassin. Relativement à cette étude, les valeurs enregistrées sont significativement meilleures en happa (1 m²) (installé en bassin et en étang) qu'en bassin (3 m²). Cette différence de performances observées pourrait être liée aux comportements des poissons face à l'aliment dans les structures d'élevage. Selon [15], en structure d'élevage, les poissons deviennent agressifs lorsque l'aliment est délivré à un endroit précis. Ce comportement représenterait l'adoption d'une stratégie opportuniste de territorialité [14] et serait à l'origine des compétitions alimentaires entre les larves dans ces structures d'élevage. Dans la présente étude, avec une densité de mise en charge de 300 ind/m² pour toutes les structures, le nombre d'individus par structure d'élevage a été de 300 et de 900 respectivement pour les happas (1 m²) et bassins (3 m²). Par mangeoire, ce paramètre était vraisemblablement inférieur en happas (installé en bassin et en étang) qu'en bassins. Dans ces structures d'élevage (happas et bassins), ces deux rapports (nombre d'individus par mètre carré et nombre d'individus par mangeoire) et la compéitions alimentaires pourraient être utilisés pour expliquer les différentes valeurs de performance enregistrées au cours de cette étude. De plus, ces différences de croissance seraient, également, dues à une augmentation du stress résultant de l'accroissement des contacts inter-individus.

L'analyse des paramètres économiques montre que la structure d'élevage a un effet sur la variation de la rentabilité financière de l'inversion hormonale. La comparaison des coûts de production et des indices de rentabilité indique que les meilleurs valeurs ont été obtenues en happa installé en étang et en happa installé en bassin bétonné. Ceci est probablement lié à la variation des coûts de la quantité d'aliment utilisée au niveau des structures testées. En effet, la quantité totale d'aliment utilisée dans le traitement hormonal est plus élevée chez les lots traités en bassin bétonné sans happa que chez les larves traitées en happa. Par conséquent, le coût de l'aliment utilisé au niveau des lots des bassins bétonnés sans happa (5749,33 $\pm$ 299,39 F CFA) est significativement supérieur à celui des lots traités en happas implantés en étang (4181,33 $\pm$ 132,32 F CFA) et à celui des lots traités en happas installés en bassin bétonné (4293,33 $\pm$ 785,17 F CFA). Cette différence significative de quantité et de coût de l'aliment est liée à la durée nécessaire à chaque lot pour atteindre le poids

marchand des alevins (5 g). Evidemment, plus la durée de l'élevage s'allonge, plus la quantité d'aliment distribuée s'augmente. Or dans la présente étude, les deux traitements réalisés en happa installé en bassin bétonné et en étang ont nécessité 5 semaines (35 jours) pour atteindre le poids marchand (5 g). En revanche, les lots traités en bassin bétonné ont été nourris durant 6 semaines (42 jours) pour obtenir un poids moyen supérieur à 5 g.

5 CONCLUSION

Les performances zootechniques comparées entre les structures d'élevage ont mis en évidence une différence significative au niveau des poids finaux. Les taux de survie, le quotient nutritif et le facteur de condition enregistrés en fin de cycle d'élevage sont similaires pour les trois lots qui ont des performances de croissance assez proches bien que les happas installés en étang donnent des résultats nettement meilleurs qu'en bassins bétonnés sans happas. De même, l'indice de rentabilité est meilleur en happas en étangs que les deux autres structures. Ces résultats permettent d'envisager de manière objective et de réfléchir le type de structure favorable économiquement à l'inversion hormonale.

REFERENCES

- [1] Philippart J. C. and Ruwet J. C., Ecology and distribution of Tilapias. In: R. S. V. Pullin, and Lowe-Mc Connell (eds), the biology and culture of Tilapias, Manille, Philippines: ICLARM. pp. 15-59, 1982.
- [2] J. F. Baroiller and B. Jalabert, "Contribution of research in reproductive physiology to the culture of tilapias", *Aquatic Living Resources*, Vol. 2, pp.105-116, 1989.
- [3] Baras E. and Méléard C., Individual growth patterns of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.): Emergence and dynamics of sexual growth dimorphism. In: K. Fitzsimmons (eds), Tilapia aquaculture. *Northeast Regional Agricultural Engineerin Service*, Vol. 106, pp. 169-177, 1997.
- [4] Huet M., Cultivation of tilapias and other African cichlids, in text book of fish culture-Breeding and cultivation of fish, Fishing News (Books) L. T. D. West Byfleet: pp. 192-199, 1972.
- [5] Toguyeni A., La croissance différentielle liée au sexe chez le tilapia (Pisces : Cichlidae), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Contribution des facteurs génétiques, nutritionnels, comportementaux et recherche d'un relais endocrinien. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure. pp. 158, 1996.
- [6] R. L. Naylor, R. J. Goldburg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell, "Effect of aquaculture on world fish supplies", *Nature*, Vol. 405, pp. 1017-1024, 2000.
- [7] Rashid J., Technical and Commercial aspects of Monosex Male Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry Production in a Private Hatchery. Aqua-Internship Program, Asia Link Project, Faculty of Fisheries Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, 2010.
- [8] E. T. D. Mensah, F. K. Attipoe and M. Ashun-Johnson, "Effect of different stocking densities on growth performance and profitability of *Oreochromis niloticus* fry reared in hapa-in-pond system", *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, Vol. 5, No. 8, pp. 204-209, 2013.
- [9] M. R. Mohammed, M. S. Islam, G. C. Halder and M. Tanaka, "Cage culture of Sutchi catfish, *Pangasius sutchi* (Fowler, 1937). Effects of stocking density on growth, survival, yield and farm profitability", *Aquaculture Research*, Vol. 37, No. pp. 33-39, 2006.
- [10] Ita E. O., Okeoye C., Preliminary comparison of the growth performance of all-male, all female and mixed population of *Oreochromis niloticus* in hapa net in fertilized concrete ponds. National Institute for Freshwater Fisheries Research. Annual Report, 1988.
- [11] M. Jobling, O. H. Meløy and J. S. Dos Santos Christiansen, "The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history", *Aquacult. Int.* Vol. 2, No. 2, pp. 75-90, 1994.
- [12] Ouédraogo C. R. N., Inversion hormonale du sexe par la méthyltestostérone et l'éthinylestradiol chez le Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Université Polytechnique de Bobodioulasso, 2009.
- [13] Macintosh D. J. and Little D. C. *Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*, In : Bromage, N. R, Roberts, R. J. (Eds), Broodstock management, egg and larval quality. Chap. 12, Blackwell, Cambridge, MA, USA, pp. 277-320, 1995.
- [14] N. I. Ouattara, V. N'Douba, T. Kone, J. Snoeks et J-C. Philippart, "Performances de croissance d'une souche isolée du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* (Perciformes, Cichlidae) en bassins en béton, en étangs en terre et en cages flottantes" *Ann. Univ. M. NGOUABI*, Vol. 6, No. 1, pp. 113-119, 2005.
- [15] Turner G. F. & Robinson R. L., *Reproductive biology, mating systems and parental care*, In : M. C. M. Beveridge et B. J. McAndrew Tilapias : Biology and Exploitation. Great Britain : *Kluwer Academic Publishers*, Vol. 25, pp. 33-58, 2000.

PREVENTION CONTRE LES FEUX DE VEGETATION EN AFRIQUE DE L'OUEST, CAS DU DISTRICT DU ZANZAN, NORD-EST DE LA COTE D'IVOIRE: ANALYSE DU PHENOMENE ET DES SEUILS CLIMATIQUES FAVORABLES

[PREVENTION AGAINST VEGETATION FIRE IN WEST AFRICA, CAS DISTRICT ZANZAN, NORTHEAST OF THE IVORY COAST: THE PHENOMENON AND ANALYSIS OF THRESHOLD FAVOURABLE CLIMATE]

Kouakou Bernard DJE¹⁻², Ahou Noellie YAO¹, Vami Hermann N'GUESAN BI¹, Boyossoro Hélène KOUADIO¹⁻², Augustin Kouakou NZUE³, Valère DJAGOUE¹⁻², and Kouadio AFFIAN¹⁻²

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application de la Télédétection (CURAT), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, 22 B.P. 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³SODEXAM (Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique), 15B.P. 990 Abidjan 15, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 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: Wildfires issues are part of a global problem. In Côte d'Ivoire, these phenomena are recurring and reduce, by the degradation of plant cover, crop yield. Official reports indicate each year many cases of wildfires in Zanzan with their impact on the local economy and human settlements. The present study aims to analyze the climatic conditions that trigger these lights for, identify critical thresholds of climate parameters in question to help prevent against this disaster. From data of ESA satellites ERS-1 and ENVISAT, the descriptive statistics and correlation analysis were used to conduct the study.

The results show that during the year, vulnerable periods of wildfires go from december to March with an early occurrence in Bouna. They also show a strong dependence of fire with climatic conditions including high temperatures, low air and soil humidity and easterly dry wind regime. El Nino conditions are also critical for local fire occurrence in the district.

Critical thresholds for triggering fires in Zanzan can be summarized by above 30 degrees Celsius for temperatures, below 40 percent for air relative humidity and less than 5 mm for the soil moisture.

The analysis of the Angstrom index shows that this indicates is appropriate for characterize fire danger in the District Zanzan.

KEYWORDS: Zanzan, prevention, wildland fire, occurrence, Angstrom index, El Nino, Cote d'Ivoire.

RESUME: Les questions de feux de brousse s'inscrivent dans une problématique à l'échelle mondiale. En Côte d'Ivoire, ces phénomènes sont récurrents et réduisent, par la dégradation du couvert végétal et des terres, le rendement agricole. Les rapports officiels signalent chaque année de nombreux cas de feux de végétation dans le Zanzan avec leurs conséquences sur l'économie locale et les établissements humains. La présente étude a pour objectif d'analyser les conditions climatiques de déclenchement de ces feux, de déterminer les seuils critiques des paramètres climatiques afin de contribuer à la prévention contre cette catastrophe.

Des analyses statistiques de données de feux actifs de 1996 à 2010 (acquises des satellites ERS1 et ENVISAT de l'Agence Spatiale Européenne), et de données climatiques ont été effectuées dans cette l'étude.

Les résultats obtenus montrent qu'au cours de l'année, les périodes vulnérables au feu de brousse vont en moyenne de décembre à mars avec une occurrence précoce dans le département de Bouna en novembre. Ils montrent aussi une forte dépendance des feux aux conditions climatiques notamment les températures élevées, les humidités atmosphériques et

édaphiques faibles et la présence de l'harmattan. Les seuils critiques pour le déclenchement des feux dans le Zanzan peuvent se résumer à des températures supérieures à 30 degrés Celsius, à un taux d'humidité relative inférieur à 40% et à une réserve en eau du sol inférieure à 5 mm.

Le phénomène climatique El Nino a une incidence aggravante sur les conditions locales d'occurrence des feux de végétation. L'analyse de l'indice d'Angstrom a montré que cet indice est approprié pour caractériser le danger des feux de végétation dans le District du Zanzan.

MOTS-CLEFS: Zanzan, prévention, feux de végétation, occurrence, indice d'Angstrom, El Nino, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La destruction de la végétation par les feux est un phénomène de dégradation de l'environnement. Elle stérilise les sols et affame des populations entières, désorganisant ainsi les économies [2]. De plus, elle augmente la concentration de gaz à effet de serre. L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a indiqué dans un rapport en 2005 que les feux touchent chaque année 1015 millions d'hectares de forêts boréales et tempérées et d'autres terres, 2040 millions d'hectares de forêts tropicales ombrophiles et jusqu'à 500 millions d'hectares de savanes tropicales et subtropicales, de terrains boisés et de forêts claires [21]. En Afrique, malheureusement, des données manquent si bien que les statistiques sont très peu disponibles. Cependant dans un rapport de la météorologie agricole de l'OMM, Oguntala [21] a indiqué que les incendies de forêts causent d'énormes dégâts sur le continent. En Côte d'Ivoire, la pratique des feux dans les aménagements agricoles n'épargne aucune région du pays compte tenu des techniques culturelles très peu mécanisées et les feux constituent le seul outil d'aménagement. Ces feux occasionnent malheureusement quelques fois de grands incendies dans les régions du pays [14] surtout par une sécheresse généralisée et très prononcée.

Les feux de brousse s'inscrivent donc dans une problématique à l'échelle mondiale. Ils constituent un problème environnemental, agrométéorologique et socio-économique. Actuellement, ils constituent l'une des préoccupations de la météorologie agricole en ce sens qu'ils constituent l'une des plus sérieuses calamités agrométéorologiques dans le monde [24].

La lutte contre ce phénomène nécessite la connaissance des facteurs d'éclosion et de propagation. Face aux obligations des décideurs en matière de prévention, de lutte et de gestion du risque, l'information météorologique et/ou climatique apparait comme une donnée prioritaire et incontournable.

La présente étude a pour objectif de déterminer les seuils critiques des éléments climatiques qui favorisent le déclenchement des incendies dans le District du Zanzan afin de proposer un outil d'aide à la décision dans le cadre de la prévention contre les feux de végétation.

De manière spécifique, il s'agit de

- Analyser de la dynamique spatio-temporelle des feux (occurrences, saisonnalité, pics d'activité et fréquence des feux) ;
- Déterminer les conditions climatiques favorables au déclenchement des feux de végétation et analyser le degré de relation statistique entre les paramètres climatiques et le nombre de feux de brousse ;

LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Situé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 4°30' et 2°30' Ouest et les latitudes 7° et 10° Nord, Le District du Zanzan compte cinq départements à savoir : le département de Bondoukou, le département de Bouna, le département de Tanda, Le département de Nassian, Le département de Koun-Fao

Le District couvre une superficie d'environ 38000 km². Elle est limitée au Nord par la république du Burkina Faso, à l'Est par la république du Ghana, au Sud par les départements de M'bahiakro, Daoukro et Agnibilékro, à l'ouest par les départements de Ferkéssédougou et de Dabakala (figure 1).

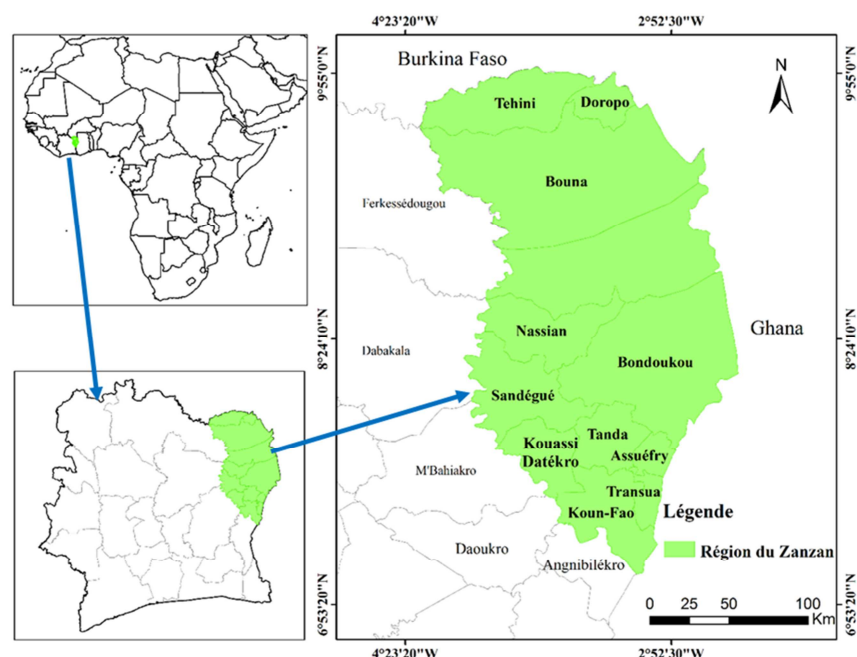


Fig. 1. Localisation du District du Zanzan

La végétation est essentiellement constituée de savanes arborée et arbustive avec des forêts galeries. On rencontre des îlots forestiers sur les plateaux et des forêts galeries liées au réseau hydrographique dans la partie ouest de la zone d'étude. Dans la partie Est, on retrouve également des forêts galeries qui suivent les cours d'eau, mais surtout de vastes étendues de savanes arborées. Cette végétation est souvent dégradée par l'activité anthropique[11].

Au niveau climatique, le Zanzan présente deux saisons des pluies (mars- juillet et septembre- novembre) ; et deux saisons sèches (décembre à février et août), selon [3]. Les vitesses moyennes du vent varient entre 0,6 et 2,3 m/s. Les vitesses les plus fortes (entre 15 et 18 m/s) sont atteintes en juillet lorsque le flux de mousson est maximum. Au niveau de sa direction, le secteur sud-ouest est dominant au cours de l'année. Au cours de la saison sèche, la région est soumise à l'influence de l'harmattan, flux d'origine nord-est qui domine la circulation des masses d'air en surface du vent. Les températures varient globalement entre 25°C et 28°C. La période de février à avril constitue la période de forte chaleur au cours de l'année. Pendant cette période, les températures journalières se situent généralement au dessus de 33°C et atteignent parfois 40°C. Les minima peuvent baisser jusqu'à 20°C avec des chutes pouvant atteindre 14°C en décembre.

2 METHODOLOGIE

2.1 DONNEES

DONNEES DE FEUX

Les données satellitaires de végétation et de feux utilisées proviennent de ERS-2 et Envisat, des satellites d'observation de la Terre de l'Agence Spatiale Européenne, lancés respectivement en 1995 et 2002. Ces satellites mesurent de manière continue à différentes échelles les principaux paramètres environnementaux de la Terre relatifs à l'atmosphère, l'océan, les terres émergées et les glaces. Les données recueillies sont utilisées notamment pour la surveillance des ressources terrestres, les modélisations climatiques ainsi que les études sur la structure et la dynamique de la planète. Les données utilisées dans cette étude concernent principalement la couverture végétale et les feux détectés. La zone extraite s'étend entre les latitudes 7 degré et 10 degré Nord et les longitudes 4°50 et 2°40 Ouest et les séries vont de 1996 à 2010, soit 15 années de données par paramètre.

La Couverture végétale du globe et les données sur les feux sont issues de l'European Space Agency (ESA). Le produit GlobCover de couverture végétale mondiale est librement accessible sur le site www.esa.int/dua/ionia/globcover. La qualité des produits est assurée par la haute qualité des données du spectromètre imageur Meris du satellite ENVISAT qui offre une

résolution spatiale fine (300 m) et un contenu thématique détaillé. La couverture du sol a été codifiée de 1 à 23 en fonction des types de végétation. Le tableau 1 présente la classification du schéma GLC-2000 [9].

Les données de feu sont issues de l'Atlas Mondial des Incendies (WFA) de l'ESA qui est la plus longue série chronologique disponible de données mondiales concernant les incendies. Les archives, qui datent de 1995, sont disponibles sous forme de fichiers ASCII mensuels, accessibles à partir du site Internet <http://ionia1.esrin.esa.int/>. Chaque fichier contient la date, la latitude et la longitude du feu détecté dans un pixel de 1 km sur 1 km [9].

Les données WFA sont basées sur les résultats issus des radiomètres Along Track Scanning Radiometer (ATSR) sur le satellite ERS-2, lancé en 1995, et Advanced Along Track Scanning Radiometer (AATSR) sur le satellite de l'ESA Envisat, lancé en 2002. Ces deux (02) radiomètres fonctionnent comme des thermomètres dans le ciel en mesurant le rayonnement infrarouge thermique (IR) des surfaces de la Terre. Les incendies sont mieux détectés au cours de la nuit parce les surfaces alentour sont plus froides. Les températures qui excèdent 38,85°C (312K) sont classées comme des foyers de feux par les radiomètres ATSR et AATSR, qui sont capables de détecter des feux aussi petits que les flammes des gaz issus des sites industriels à cause de leur haute température [8].

DONNEES CLIMATIQUES

Les données climatiques utilisées dans l'étude proviennent de la base de données de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Elles concernent les températures maximales, les hauteurs de pluies, le taux d'humidité, le vent de la station synoptique de Bondoukou. Les séries de données vont de 1995 à 2010 pour les paramètres autres que le vent pour lequel seule la série de 1995 à 2000 a été disponible. Toutes ces données relevées à l'échelle journalière sont analysées aux échelles journalières, décadaires, mensuelles et annuelles. Ces données subissent différents tests au service climatologique national lors de leur traitement (correction, homogénéité) pour vérifier leur fiabilité. Par ailleurs, la critique et la correction de ces données font référence aux études antérieures menées par [5].

2.1.1 MATERIELS

LOGICIELS UTILISES

Des logiciels spécialisés ont été mis à contribution pour exécuter les tâches nécessaires à la réalisation de ce travail. Il s'agit du logiciel XLSTAT qui a permis de faire les analyses statistiques nécessaires des données et du logiciel ARGIS 10 qui a été utilisé pour réaliser la cartographie de la dynamique spatiale de l'occurrence des feux.

2.1.2 METHODES

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FEUX

Il s'agit d'analyser les paramètres descriptifs de la série de données. Les données journalières ont été agrégées en mois et en années. Les moyennes mensuelles et annuelles ont été calculés ainsi la fréquence d'occurrence des feux. Les résultats de ce traitement ont servi à l'analyse spatio-temporelle des feux de végétations.

ANALYSE MENSUELLE ET INTERANNUELLE DE L'OCCURRENCE DES FEUX

La méthode utilisée a été basée sur l'analyse des graphiques élaborés à partir des données historiques des feux de brousse. L'étude a été faite à l'échelle annuelle au pas de temps mensuel à partir des données journalières d'occurrence de feu pour détecter la période propice au feu sur la période d'étude, pour analyser la variabilité interannuelle de l'occurrence du feu.

ANALYSE SPATIALE DE L'OCCURRENCE DES FEUX

Cette analyse a été faite à l'échelle du pays et à l'échelle dans le district du Zanzan. Le besoin de données quantitatives sur les feux par unité administrative justifie la compilation des statistiques sur les feux par unité administrative. Dans cette étude nous retenons les entités administratives constituées par les départements.

ANALYSE DES CONDITIONS CLIMATIQUES FAVORABLES

✓ Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Dans cette étude, le calcul de l'ETP se fait par la formule de [12]. C'est une méthode simple qui ne nécessite que des données journalières de température maximale et minimale de l'air.

$$ET_O = 0.0023 Ra (T_m + 17.8) \sqrt{T_d} \quad (1)$$

$$T_m (^{\circ}\text{C}) = (T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) / 2 \text{ et } T_d (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$$

ET_O : Evapotranspiration potentielle en mm/j

Ra : rayonnement extraterrestre. C'est La radiation solaire reçu au sommet de l'atmosphère sur une surface horizontale est appelée rayonnement extraterrestre ou hors atmosphère (Ra). Il est fonction de la latitude du lieu, du jour, de la déclinaison solaire et de la distance relative entre la terre et le soleil. Les constantes 0,0023 et 17,8 sont des coefficients proportionnels au rayonnement solaire [1].

Le rayonnement extraterrestre a été calculé à travers la formule suivante :

$$Ra \text{ (MJ m}^{-2} \text{ j}^{-1}) = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (2)$$

avec :

G_{sc} : constante solaire = 0,0820 MJm⁻² min⁻¹

d_r : inverse de la distance relative terre soleil = 1 + 0,033*cos(2π*J / 365)

J : N° du jour dans l'année de 1 à 365 ou 366

ω_s : angle solaire (aube / crépuscule) = arccos[- tan (φ) * tan (δ)]

δ : déclinaison solaire = 0,409 * sin (0,0172*J – 1,39)

φ : Latitude en radians

Le rayonnement exprimé en MJ m⁻² jour⁻¹ est converti à l'évaporation équivalente en mm par jour (mmj⁻¹) en utilisant un facteur de conversion égal à l'inverse de la chaleur latente de vaporisation (1 / λ = 0,408).

✓ Calcul De La Reserve En Eau

Pour évaluer la réserve en eau du sol, indicateur écophysologique de la sécheresse édaphique, la méthode du bilan hydrique (P-ETP) a été utilisée. Elle permet de calculer un bilan quotidien entre les apports dus aux précipitations et les pertes vers l'atmosphère (ETP). La formule de Thornthwaite est utilisée pour la détermination de la réserve en eau du sol [2]. Elle s'exprime comme suit :

$$\text{Si } P > \text{ETP alors } r(i) = r(i-1) + (P - \text{ETP}) \quad (3)$$

$$\text{Si } P \leq \text{ETP alors } r(i) = r(i-1) - (\text{ETP} - P) * r(i-1) / r_{\text{max}} \quad (4)$$

Avec P= quantité de pluie tombée

r(i)= réserve en eau du sol pour le jour « i »

r(i-1) = réserve en eau du sol pour le jour précédant le jour « i »

r_{max}= réserve maximale en eau que le sol peut contenir.

Le rapport r(i-1)/r_{max} exprime le déficit hydrique du sol qui caractérise l'état de la réserve en eau par rapport à son niveau de remplissage maximal[13].

✓ Calcul De L'indice D'angstrom

L'indice du risque de feu de brousse développé par Angström en 1942 met en relation le taux de déclenchement et de propagation du feu de brousse avec les conditions météorologiques. Il est une combinaison de la température et de l'humidité qui permet d'évaluer le risque de feu [23]. Cet indice s'exprime comme suit (1) :

$$B = 3,3 - 5R + \frac{T}{10} \quad (5)$$

Où :

- B : est l'indice de risque ;
- R : l'humidité relative exprimée en fraction ;
- T : la température de l'air exprimée en degrés Celsius.

Son exploitation ou interprétation est basée sur cinq (05) classes de sévérité que sont :

- classe 1 ($B \leq 1,4$) : risque d'incendie très faible ;
- classe 2 ($1,5 \leq B \leq 2,4$) : risque d'incendie faible ;
- classe 3 ($2,5 \leq B \leq 3,4$) : risque d'incendie modéré ;
- classe 4 ($3,5 \leq B \leq 4,4$) : risque d'incendie élevé ;
- classe 5 ($B \geq 4,5$) : risque très élevé ou catastrophique.

Ces classes permettront d'apprécier le niveau de vulnérabilité des couverts végétaux par rapport aux feux de brousse.

✓ **Analyse Croisée De L'occurrence Des Feux Avec Les Variables Climatiques**

Cette partie traite de la qualification des facteurs climatiques agissant sur l'occurrence et la propagation des feux. L'étude a permis de déterminer les seuils critiques favorisant le déclenchement d'incendies. Elle a été faite par une analyse fréquentielle et une analyse de corrélation.

o **ANALYSE FREQUENTIELLE**

La méthode consiste à construire des tables de fréquences par classes de valeurs et à présenter les caractéristiques des séries par des indicateurs et graphiques. La formule de Sturges pour déterminer le nombre k de classes. Pour une série de n observations, $k = 1 + 3,322 \log_{10} n$. L'amplitude des classes est égale à $a = E/k$, E étant l'étendue de la série avec $E = x_{\max} - x_{\min}$. Cependant le choix définitif du nombre de classes sera dicté par un souci de clarté et d'harmonisation avec les différents critères d'analyse des paramètres climatiques.

L'analyse se fera d'abord par la superposition des chroniques pluviométriques, thermiques et hygrométriques et les occurrences des feux de brousse. Ensuite l'investigation va porter sur les occurrences de feux et l'indice d'Angstrom.

o **ANALYSE DE CORRELATION**

Pour évaluer la dépendance entre les nombres de feux et les différents paramètres climatiques, nous avons calculé le coefficient de corrélation simple r qui mesure la relation linéaire entre les deux variables aléatoires. C'est le coefficient de corrélation de Pearson qui a été utilisé pour mesurer la liaison statistique. Une étude de corrélation entre le nombre de feu et les différents facteurs climatiques (température, humidité, amplitude thermique et l'indice d'Angström) a été effectuée.

Le calcul de r est l'expression numérique de l'intensité de la relation linéaire. La formule utilisée est :

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{(\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2)(\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)}} \quad (6)$$

Enfin, la signification statistique de la valeur de r sera établie en vérifiant si le coefficient de corrélation r de l'échantillon s'écarte de 0 de manière significative. Pour ce faire, on calcule :

$$t = r * \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (7)$$

Le t calculé est alors comparé à la valeur tabulaire de t de Student avec $n-2$ degrés de liberté. Si t calculé est supérieur à la valeur critique dans le tableau de Student, alors on conclut qu'il existe une corrélation significative entre les deux variables aléatoires. Dans le cas contraire, la corrélation n'est pas significative. Le traitement statistique a été réalisé à l'aide du logiciel statistique XLSTAT.

0 IMPACTS DES PHENOMENES EL NINO

Une analyse comparative entre les années avec des épisodes El Nino et les années normales a été effectuée pour évaluer les impacts de ce phénomène d'échelle globale sur l'occurrence des feux de végétation dans le district, phénomène d'échelle locale.

3 RESULTATS

3.1 SAISONNALITE DES FEUX

La saison a été déterminée à partir du nombre cumulé de feux actifs détectés au cours de chaque mois sur la période d'observation de 1996 à 2010. La répartition saisonnière des feux au niveau du territoire ivoirien et de la Région du Zanzan est présentée par les figures 2 et 3 ci-dessous. Presque tous les incendies détectés au cours des quinze années d'étude sont situés dans les mois de novembre à avril dont la somme rend compte de 99% au niveau national et de décembre à mars dont la somme rend compte de 99,8% pour le Zanzan.

La figure 2 montre qu'au niveau national, l'occurrence des feux débute en novembre pour s'estomper en avril et devenir quasi inexistant les mois suivants. Les nombres de feux s'accroissent rapidement en décembre pour atteindre leur pic en janvier. Dès février, le nombre de feux décroît pour décliner complètement en avril.

Pour la Région du Zanzan, la figure 2 montre que les feux apparaissent en décembre pour disparaître complètement en mars avec un début précoce en novembre dans le département de Bouna. La figure 2 présente l'histogramme de la répartition spatio-temporelle des nombres moyens mensuels de feux enregistrés dans la Région du Zanzan au cours de la période 1996-2010.

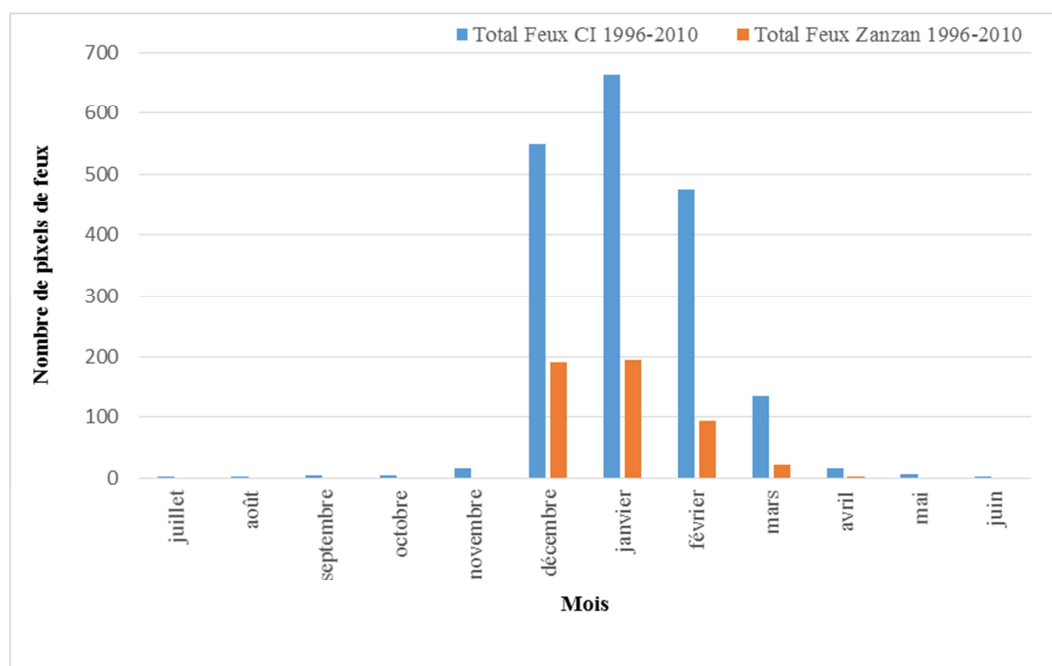


Fig. 2. Répartition mensuelle du nombre moyen de feu en Côte d'Ivoire et dans la Région du Zanzan

L'occurrence maximum de feux est enregistrée en décembre avec 240 feux actifs. En janvier, le nombre décroît à 193 feux actifs, puis à 93 en février et 22 en mars pour s'annuler complètement en avril.

La détermination de la saison des feux permet d'obtenir la durée de celle-ci. Au niveau national, la saison des feux dure en dure 6 mois (de novembre à avril). Dans le Zanzan, la saison des feux dure 4 mois en général. Cependant, pour le département de Bouna, la saison des feux est de 5 mois puisqu'on y enregistre des feux précoces en novembre. A Tanda, les cas de feux sont généralement peu fréquents. Ils restent observables jusqu'en mars. A Tanda, les cas de feux sont généralement peu fréquents. Ceux-ci apparaissent timidement en janvier et deviennent assez fréquent en février et mars. La

figure 3 présente l'histogramme de la répartition spatio-temporelle des nombres moyens mensuels de feux enregistrés dans la Région du Zanzan au cours de la période 1996-2010. De mai en octobre, les cas de feux sont marginaux dans le Zanzan.

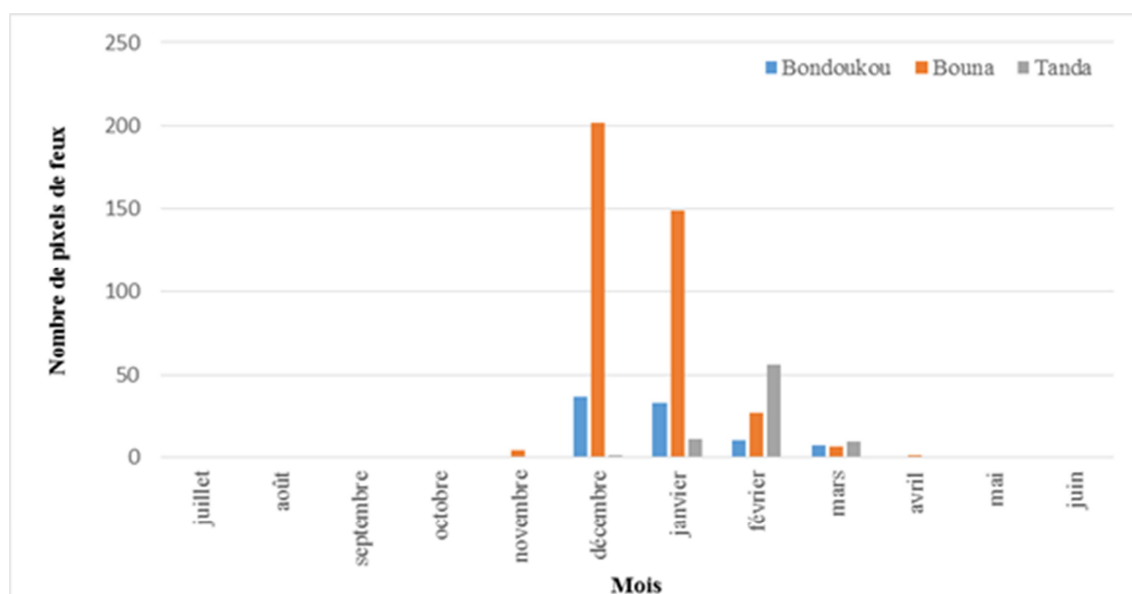


Fig.3. Répartition des nombres moyens de feux enregistrés par mois et par département dans la Zanzan de 1996 à 2010

3.2 PICS DES ACTIVITES DU FEU

Le pic de la saison des feux est considéré comme le temps de la saison correspondant à l'activité de feu maximale. C'est le mois au cours duquel les feux les plus actifs ont été détectés. Ce pic a été établi par la somme des feux détectés pendant la saison des feux. Le mois de janvier connaît la plus grande activité de feu tant au niveau national avec un total de 805 feux actifs détectés.

L'analyse des 14 différentes saisons de feux (figure 4) fait ressortir que le pic de feux actifs n'est une constante dans le Zanzan. Il peut apparaître en décembre comme en janvier. En effet, sur les 14 saisons de feux, les pics ont été enregistrés 7 fois en décembre et 6 fois en janvier et une fois en février.

Les particularités observées sont que les valeurs les plus élevées des pics sont enregistrées en décembre notamment pour la saison 1996-1997, où au cours de la saison, 45 feux actifs ont été enregistrés en décembre sur 84 pour toute la saison. Il a été de même pour les saisons 1999-2000 avec 35 feux actifs sur 55 pour la saison, 2002-2003 avec 19 sur 26 et 2009-2010 où sur 63 feux actifs enregistrés au cours de la saison 38 l'ont été en décembre.

Par ailleurs, de la saison 2001-2002 à la saison 2005-2006, les pics de feux n'ont pas dépassé 20 feux.

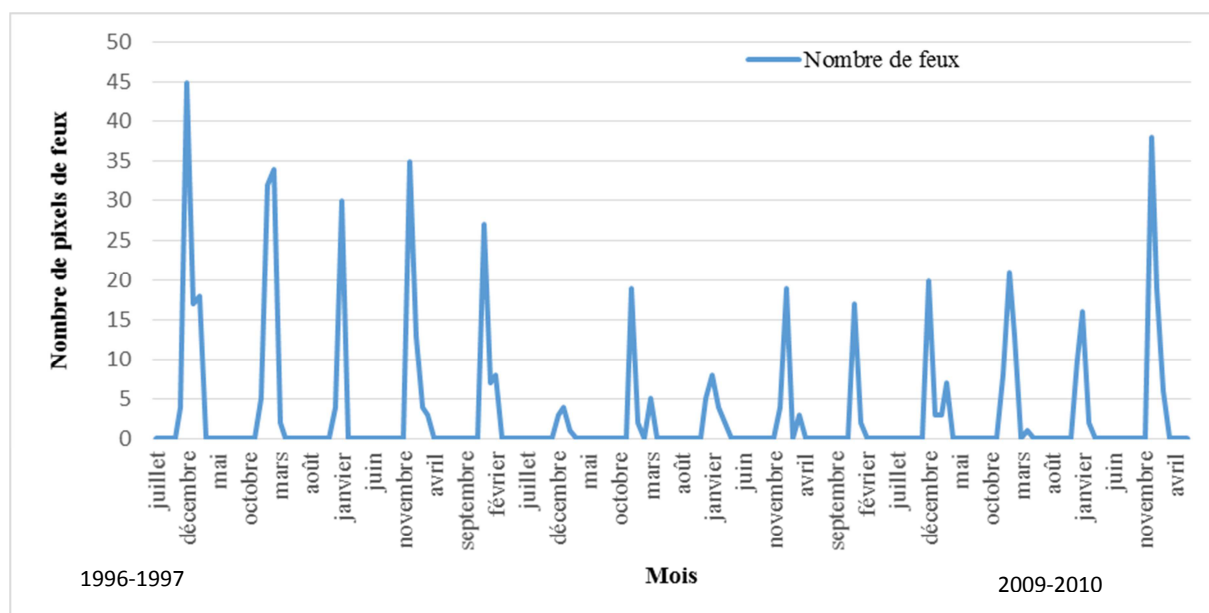


Fig. 4. Pics de feux actifs dans le Zanzan sur la période 1996-2010

3.3 FREQUENCE DES FEUX

La fréquence des feux est définie comme le pourcentage des feux détectés sur en un lieu au cours de la période d'étude. Dans l'analyse, nous retenons le seuil de 1% comme fréquence d'occurrence significative. La figure 5 présente les fréquences des feux détectées par le satellite ENVISAT en Côte d'Ivoire au cours de la période 1996-2010.

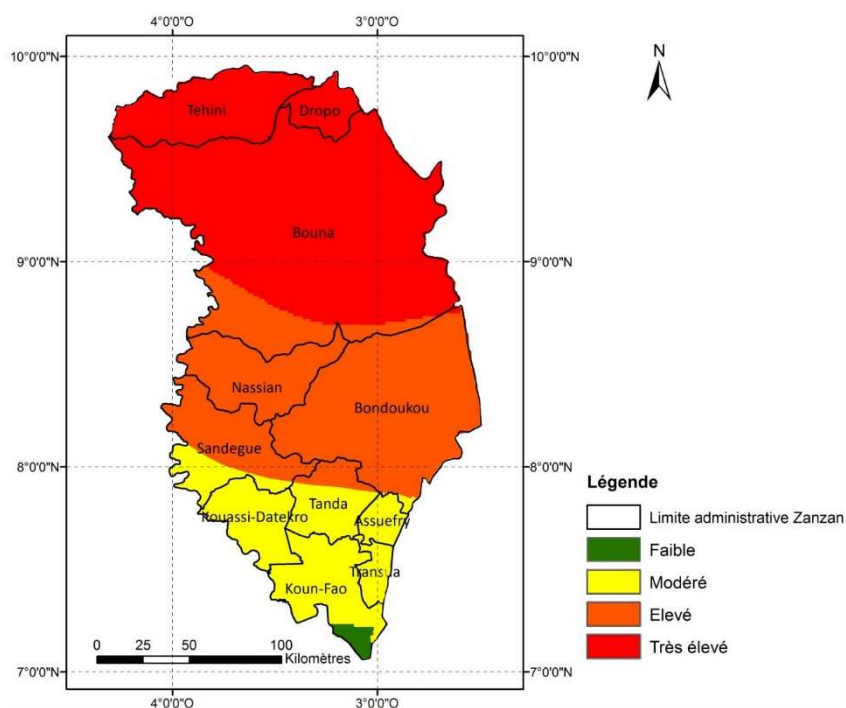


Fig.5. Carte des fréquences des feux détectés par le satellite ENVISAT dans le Zanzan au cours de la période 1996-2010

L'analyse de la figure 5 montre qu'au cours de la période 1996-2010, il y a eu plus de feux détectés dans les régions situées au-dessus des latitudes 7 et 8°N qu'en dessous de cette même latitude. A l'échelle annuelle, les occurrences de feu sont essentiellement marquées dans le département de Bouna avec 70% des feux observés dans le Zanzan et dans une moindre mesure dans les départements de Bondoukou et Tanda dans les mêmes proportions de 15%. Le département de Bouna est donc le département du district le plus affecté par les feux.

3.4 CONTRAINTES CLIMATIQUES

3.4.1 OCCURRENCE DES FEUX EN RELATION AVEC LA RESERVE EN EAU DU SOL

La figure 6 ci-dessous présente l'histogramme des fréquences de feux en fonction de la réserve en eau du sol. Pour tous les cas de feu recensés, la pluviométrie a été nulle. La réserve en eau du sol a été analysée pour évaluer le degré de dessiccation.

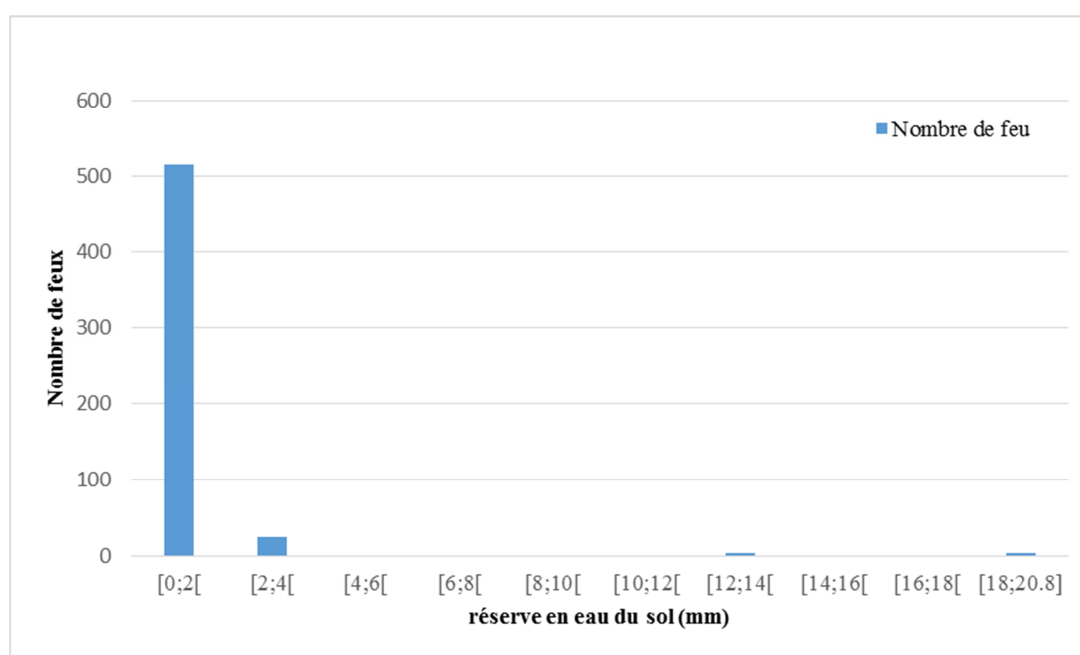


Fig. 6. Histogramme de fréquences de feu par rapport à la réserve en eau du sol

La figure montre que les nombres de feux observés sont quasiment nuls lorsque la réserve en eau du sol est supérieure à 5 mm. Sur un total de 553 feux enregistrés au cours de la période d'étude dans le Zanzan, 541 ont été enregistrés lorsque la réserve en eau du sol est inférieure à 4 mm soit 98% du total et 516 feux sont enregistrés lorsque la réserve en eau est inférieure à 2 mm. Pour les besoins de l'exploitation, on peut donc retenir la valeur de la réserve en eau du sol de 5 mm comme seuil limite favorable à l'éclosion des feux.

- **Température Maximale**

La figure 7 ci-dessous montre le nombre de feu en fonction des température enregistrés à la station synoptique de Bondoukou.

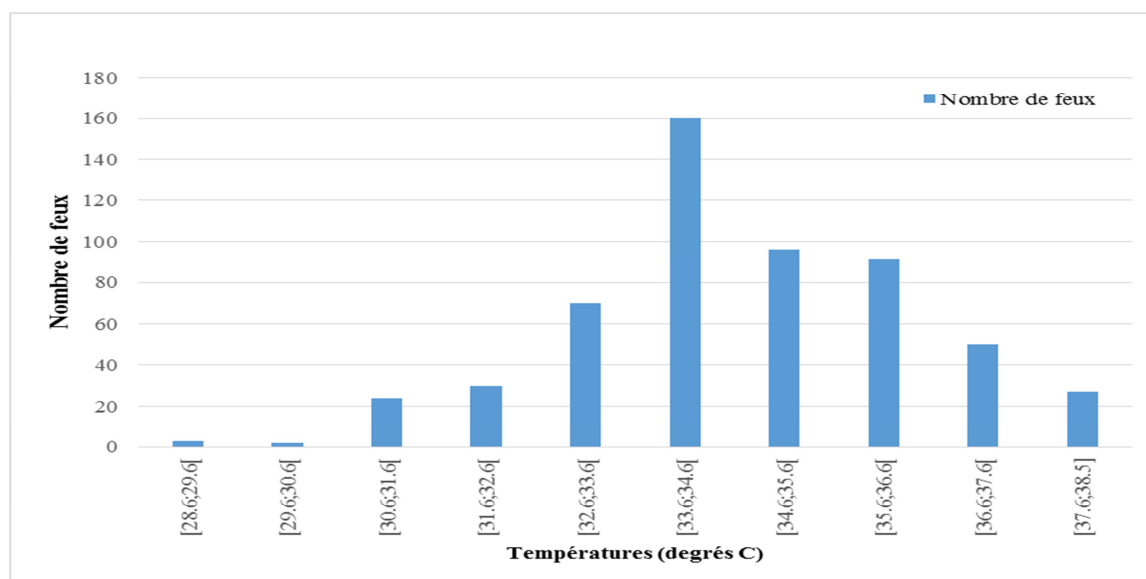


Fig. 7. Histogramme de fréquence de feu par rapport à la température maxima

Les feux se déclenche à partir de 31.3°C et atteignent le seuil maximal entre 33°C et 34.7°C. Il faut remarquer qu'il a été enregistré plus de feu entre 33°C et 36.4°C.

L'analyse des caractéristiques thermiques dans le District du Zanzan pendant la période des feux indique que la température est élevée. On relève donc que sur la période d'étude les feux apparaissent lorsque la température est comprise entre 28,5°C et 38,5°C.

A partir de 30,5°C, il y a un accroissement rapide du nombre de feux pour atteindre un pic de lorsque la température atteint 30,5°C. On note que 99,1% des feux sont enregistrés lorsque la température est entre 30,5°C et 38,5°C. Les hautes températures affectent l'état de dessiccation des plantes et du sol. Elles affectent aussi le processus d'évapotranspiration en élevant le taux d'assèchement des combustibles végétaux favorisant ainsi l'éclosion des feux.

• Humidité

La figure 8 montre le nombre de feu en fonction de l'humidité de l'air. Elle indique qu'il a été enregistré plus de feu lorsque l'humidité de l'air était faible.

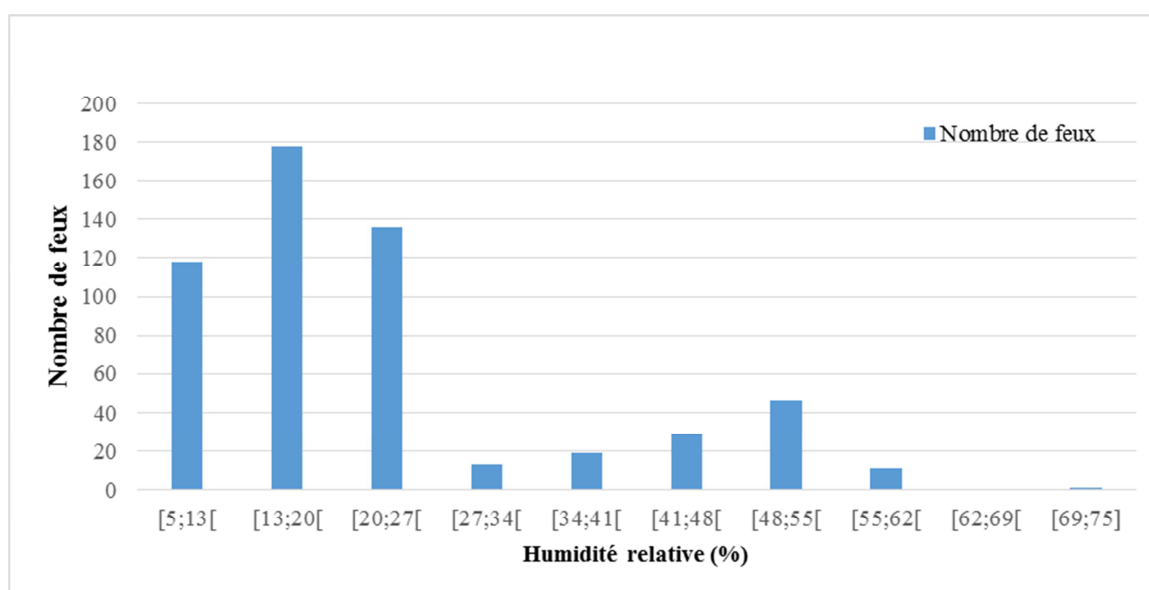


Fig. 8. Histogramme de fréquence de feu par rapport à l'humidité de l'air

Le taux d'humidité suit généralement le profil de la pluviométrie. Il est élevé pendant la saison des pluies et bas pendant la saison sèche. Les caractéristiques hygrométriques du district du Zanzan pendant la période des feux indiquent respectivement que 97,8% et 84,2% des feux sont enregistrés lorsque le taux d'humidité est inférieur à 55% et 41%. Ceci montre que l'air sec en influençant l'état de dessiccation des combustibles, favorise l'apparition des feux.

• Indice d'Amsgröm

La figure 9 présente l'évolution du nombre de feux en fonction de la classification des degrés de sévérité de l'indice d'Angstrom.

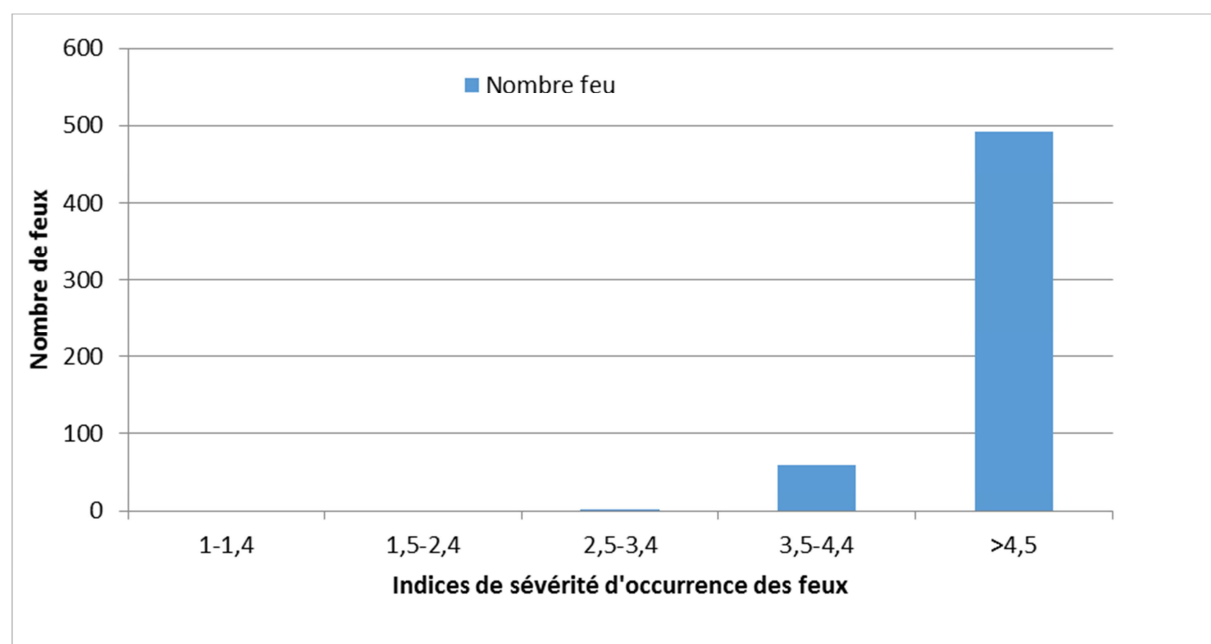


Fig. 9. Histogramme du nombre de feu par rapport à l'indice d'Amsgröm

L'histogramme du nombre de feu par rapport à l'indice d'Amsgröm montre que :

- 95% des feux sont déclenchés lorsque le risque est élevé ($B > 3,5$) selon l'indice d'Angstrom ;
- 89% des feux sont déclenchés lorsque le risque est très élevé ($B > 4,5$) selon l'indice d'Amsgröm.

Ces résultats confirment les études réalisées en Côte d'Ivoire par [5] à partir de l'indice d'Angstrom, indice de danger de feu construit à partir de paramètres climatiques, qui ont montré que la vulnérabilité aux feux de brousse à Bondoukou est très élevée au cours de la période allant de décembre à mars.

• Vent

La figure 10 ci-dessous présente la rose des vents à la station synoptique de Bondoukou pendant les épisodes de feux enregistrés dans le district du Zanzan.

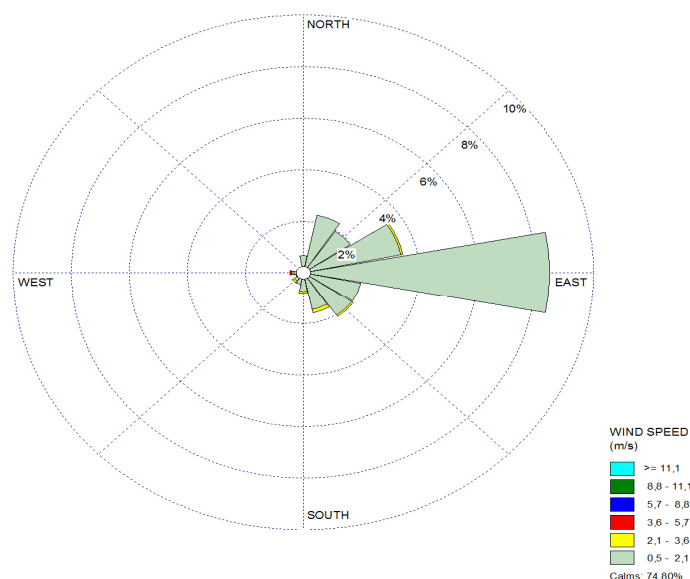


Fig. 10. Rose des vents à la station synoptique de Bondoukou pendant les épisodes de feux enregistrés dans le district du Zanzan.

Les vents sont de secteur Est pendant la saison des feux. Cette direction des flux de vent est caractéristique de l'harmattan qui souffle sur le pays et notamment dans le District du Zanzan encette période de l'année.

3.5 CORRELATIONS ENTRE OCCURRENCES DE FEUX ET PARAMETRES CLIMATIQUES

Le tableau ci-dessous présente le résumé des analyses de corrélations entre les paramètres climatiques observés et les occurrences de feux.

Tableau 1. Coefficients de corrélation et significativité des relations entre paramètres climatiques et nombres de feu

Paramètres	Coefficient de corrélation de Pearson	Test de signification (seuil 0.05)
Température maximale	0,43	Significatif
Humidité relative minimale	-0,81	Significatif
Indice d'Angstrom	0,58	Significatif
Réserve en eau du sol	-0,54	Significatif

- Les séries de températures maximales (Tmax) observées de 1996 à 2010 et les indices d'Angström calculés au cours de cette même période ont une corrélation positive significative respectivement de 0,43 et de 0,58 avec les nombres de feux enregistrés au cours de la même ;
- L'humidité relative et la réserve en eau du sol sont inversement corrélées respectivement de -0,81 et -0,54 à l'observation des feux.

3.5.1 CONDITIONS EL NINO ET OCCURRENCES DES FEUX

La figure 11 présente l'évolution interannuelle du risque de feu dans le district du Zanzan.

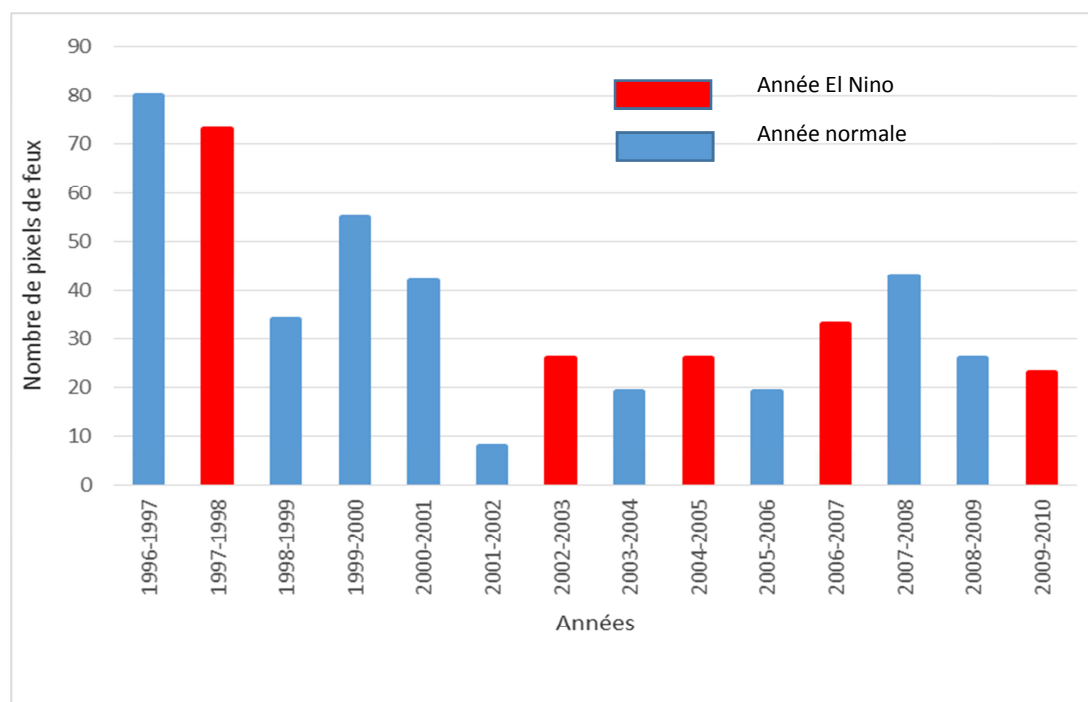


Fig. 11. Évolution interannuelle du nombre de feux

L'analyse de la figure 12 montre que :

- Occurrence de El Nino et augmentation des feux dans le Zanzan :
- Forte occurrence des feux au cours du phénomène de 97-98 ;
- augmentation des nombres de feux d'en moyenne 4% pendant les années El Nino par rapport aux années normales ;
- En année El Nino, notamment aux épisodes de 1999-2000, 2002-2003, 2004-2005 et 2007-2008, on note une augmentation des nombres de feux par rapport aux années précédentes. En effet, les nombres de feux détectés ont augmenté respectivement de 62% par rapport à la saison des feux 1998-1999, de 225% par rapport à la saison des feux 2001-2002, de 37% par rapport à la saison des feux 2003-2004 et de 30% par rapport à la saison des feux 2006-2007.

Au regard de ces résultats, on peut conclure que le phénomène El Nino impacte négativement sur l'occurrence de la pluie dans le Zanzan déréglant ainsi le comportement des saisons. Les raccourcissements de la saison des pluies au cours de ces périodes El Nino constitue des conditions très vulnérables à la survenue des feux de brousse.

Au niveau climatique, la Région du Zanzan est soumise à l'influence des phénomènes

El Nino accentuant fortement la sécheresse de la saison sèche. Les années qualifiées d'années El Niño sont marquées par de très faibles précipitations, de nombreux feux de brousse ainsi que des pénuries d'eau. La saison des feux de brousse s'étend du début du mois de novembre à la fin du mois d'avril.

En résumé les facteurs climatiques qui causent des dommages sont les températures élevées, de faibles taux d'humidité relative, de faibles taux d'humidité du sol et des vents d'est caractéristiques de l'harmattan. Un déficit hydrique tant au niveau atmosphérique qu'édaphique au niveau de la Région constitue donc un indicateur pour l'augmentation des occurrences de feux de brousse dans le Zanzan. Le réchauffement moyen de 0,4°C par rapport à la normale 1971-2000 de la région du Zanzan est conforme à celle de la hausse moyenne nationale en Côte d'Ivoire qui est de 0,3°C [6]. Cependant cette valeur reste en dessous de la hausse moyenne globale qui est de 0,6°C [10]. Ces hausses de température sont particulièrement accentuées au cours des années réputées années El Nino [16] qui impactent négativement les activités agricoles notamment sur les saisons culturales à l'exemple des épisodes de 1973, 1983 et 1998, reconnus au niveau global comme les plus forts. Ces conditions climatiques drastiques constituent un facteur essentiel de l'occurrence des feux de brousse dont le Zanzan détient la plus grande fréquence à l'échelle nationale. Cette étude montre aussi que l'apparition de El Nino phénomène d'échelle globale, contribue à prolonger la saison sèche et provoquer ainsi la persistance des risques de feu de végétation à l'échelle du Zanzan.

Les conditions climatiques favorables à l'occurrence des feux dans la Région du Zanzan sont notamment un déficit hydrique avec une réserve en eau du sol inférieure à 5 mm, des températures comprises entre 31 et 35°C et une humidité relative inférieure à 40%. Les conditions climatiques qui regroupent les 3 critères deviennent une circonstance aggravante.

4 DISCUSSIONS

Les feux détectés au cours de la période d'étude fait apparaître que la saison des feux s'étale, de manière générale, de novembre à avril à l'échelle nationale et de novembre à mars dans le Zanzan. Il y a eu plus de feux détectés dans les régions situées au-dessus de la latitude 8°N qu'en dessous de cette même latitude. Ce résultat confirme ceux diffusés par le système Fire Information for Resource Management System (FIRMS) (<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>) et dérivé des données du satellite MODIS, celui de [4] qui montrent que la zone d'incendies en Côte d'Ivoire se situe essentiellement au nord de cette limite, celui de [6] qui a montré qu'en Afrique de l'ouest l'espace des feux est compris entre 8°N et 16°N et aussi celui de [25] qui a montré que l'activité du feu commence généralement tôt à des latitudes plus élevées (14 ° -12 ° N) avant de descendre vers le sud avec la saison sèche jusqu'au 6 ° N. son étude a également montré que dans les pays de l'Afrique de l'ouest, et notamment en Côte d'Ivoire, l'activité des feux a lieu dans la savane soudano-guinéenne et guinéenne et cette activité est répandue en Décembre.

Le département de Bouna est le premier département du district touché par les feux. Sa vulnérabilité précoce aux feux s'explique en partie par la répartition des paysages végétaux constitués en grande partie par la savane. Elle s'explique aussi par le mouvement du FIT vers le sud qui expose dès novembre le département à l'entrée de l'harmattan provoquant un déficit hydrique favorable à l'éclosion des feux. Cela peut en outre s'expliquer par le fait que les populations opèrent des feux précoces en début de saison sèche afin de limiter les possibilités d'extension des feux accidentels lorsque la dessiccation de la végétation sera plus accentuée et aussi pour favoriser la repousse de la végétation utile à l'élevage.

Comparativement aux départements de Bouna et de Tanda, celui de Bondoukou semble peu favorable à l'éclosion des feux. En effet, malgré de nombreuses caractéristiques, notamment climatiques favorables normalement au passage des feux réguliers dans ce département. En effet, selon les statistiques élaborées sur la base des données du Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD), le département de Bondoukou se particularise au point de vue floristique par très peu de végétation de savane c'est-à-dire 71,34 Km² contre 875,79 Km² pour Tanda et 7362,7 Km² pour Bouna. Cette végétation semble résister aux feux car constituée de forêt dense et de forêts galerie peu pyrophytes. A l'opposé, la relative exposition du département de Tanda aux feux s'explique sûrement par la présence de la végétation de savane qui couvre de larges parties du département de Tanda. De plus, selon [7] l'absence ou la rareté des feux dans un contexte naturel pourtant favorable à leur utilisation montre que plusieurs modes de domestication du milieu peuvent coexister sous les mêmes conditions climatiques.

La distribution des feux est fortement liée aux cycles climatiques. Le mouvement de la Zone de Convergence Intertropicale (Z.C.I.T) détermine l'alternance saison des pluies et des saisons sèches siège des saisons des feux.

L'analyse montre des différences notables entre les sévérités saisonnières. En effet, au cours des saisons 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005 et 2006-2007 réputées années El Nino, les nombres de feux ont connu des augmentations d'en moyenne 39% par rapport à la moyenne du Zanzan et de 20% par rapport à la moyenne nationale. Le pic des feux enregistrés au cours de la période d'étude est de 262 feux et cela au cours de la saison 1997-1998. Il est suivi de 249 cas pour la saison 1996-1997 et de 234 cas pour la saison 2006-2007. La saison 1997-1998 correspond à l'un des épisodes El Nino les plus marqués dans l'histoire de la science du climat. En effet, l'OMM a classé l'année 1998 comme la plus chaude depuis 1850, début des enregistrements des données climatiques. Au niveau national, cette année est classée la plus chaude depuis 1905, début des observations météorologiques en Côte d'Ivoire.

La saison des feux est circonscrite dans la période allant de décembre à mars tant au niveau du Zanzan. D'avril à novembre, les cas de feux sont presque inexistantes. Ces deux périodes coïncident avec le découpage climatique en Côte d'Ivoire. En effet, la saison des feux correspond à la période de la grande saison sèche où l'harmattan sévit sur tout le pays et particulièrement sur la partie nord du pays. Ces résultats confirment les études réalisées par [6] à partir de l'indice d'Angstrom, indice de danger de feu construit à partir de paramètres climatiques, qui ont montré que la vulnérabilité aux feux de brousse est très élevée au cours de la période allant de décembre à mars dans le nord de la Côte d'Ivoire.

L'analyse des résultats de cette étude montrent que le mouvement du FIT vers le Sud laissant sa partie Nord en proie à un déficit hydrique favorable à l'éclosion des feux. Cette situation est aggravée par le phénomène climatique El Nino qui provoque la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest. Ces résultats confirment au niveau du Zanzan, ceux de

l'OMM qui indiquent que le phénomène El Nino provoque des situations climatiques extrêmes dont les sécheresses dans certaines régions de la planète [22].

Cependant, le phénomène climatique ne peut à lui seul expliquer la forte occurrence des feux de brousse dans le Zanzan. Les nombres de feux enregistrés pourraient s'expliquer par d'autres facteurs dont notamment celui de l'homme malgré les actions vigoureuses tant gouvernementales que non gouvernementales, entreprises pour juguler la catastrophe sinon réduire le nombre d'ignition. Les contrastes interannuels mettent en évidence les limites du déterminisme des fluctuations climatiques pour expliquer seul la distribution saisonnière des feux. La distribution temporelle des feux s'explique en partie par la répartition des paysages végétaux constitués en grande partie par la savane dans la Région du Zanzan, porte d'entrée des vents secs de secteur Nord-Est de l'harmattan sur le territoire ivoirien.

Comparativement aux départements de Bouna et de Tanda, celui de Bondoukou semble peu favorable à l'éclosion des feux. En effet, malgré de nombreuses caractéristiques, notamment climatiques favorables normalement au passage des feux réguliers dans ce département. Cela pourrait s'expliquer par une végétation moins savanicole. En effet, selon les statistiques élaborées sur la base des données du BNETD, le département de Bondoukou se particularise au point de vue floristique par très peu de végétation de savane c'est-à-dire 71,34 Km² contre 875,79 Km² pour Tanda et 7362,7 Km² pour Bouna. Cette végétation semble échapper aux feux car constituée de forêts denses et de forêts galeries peu pyrophytes. Le nombre peu élevé de feux pourrait aussi s'expliquer par le fait que les populations opèrent des feux précoces en début de saison sèche afin de limiter les possibilités d'extension des feux accidentels lorsque la dessiccation de la végétation sera plus accentuée et aussi pour favoriser la repousse de la végétation utile à l'élevage. De plus, selon [7] l'absence ou la rareté des feux dans un contexte naturel favorable à leur utilisation montre que plusieurs modes de domestication du milieu peuvent coexister sous les mêmes conditions climatiques. A l'opposé, la relative exposition du département de Tanda aux feux s'explique sûrement par la présence de la végétation de savane qui couvre de larges parties du département de Tanda.

L'étude montre qu'un taux d'humidité relative de 40 % peut être retenu valeur seuil de la teneur maximale en humidité qui permettrait une occurrence du feu dans le Zanzan. Les feux enregistrés avec des taux d'humidité voisins de 60% pourraient s'expliquer par les feux précoces enregistrés en début de saison sèche lorsque la végétation n'a pas encore été atteinte de stress hydrique.

Au niveau climatique, la Région du Zanzan est soumise à l'influence des phénomènes El Nino accentuant fortement la sécheresse de la saison sèche. Les années qualifiées d'années El Niño sont marquées par de très faibles précipitations, de nombreux feux de brousse ainsi que des pénuries d'eau. La saison des feux de brousse s'étend du début du mois de novembre à la fin du mois d'avril.

Ce résultat confirme celui de [18] qui a montré, à partir d'une étude menée sur les aspects climatiques des feux de végétation de 1982/1983 au Nigéria, la prévisibilité des feux de végétation au Nigéria et dans les tropiques à partir de l'indice d'Angstrom.

5 CONCLUSION

L'analyse des données satellitaires relatives aux feux fournit des informations indispensables pour comprendre leur distribution spatio-temporelle, leur relation avec les variables climatiques et leurs effets sur la végétation naturelle.

Cette étude a montré que les feux de brousse surviennent en Côte d'Ivoire pendant la saison sèche. Les régions les plus affectées sont celles du Nord-Est. La saison des feux dans le Zanzan est circonscrite de décembre à mars ;

- Les feux précoces, ceux de novembre, sont très peu fréquents dans le district du Zanzan,
- Le département de Bouna est le plus exposé aux feux au cours de la saison des feux de brousse

L'analyse des statistiques climatologiques ont montré que l'importance de la surveillance météorologique des feux de brousse en Côte d'Ivoire. En effet, il ressort de cette étude qu'il existe une corrélation significative entre les variables climatiques et les feux de brousse au niveau du district du Zanzan. Les cycles annuels de feux de brousse et leur sévérité sont donc liés aux variations climatiques. Le risque météorologique d'incendie est conditionné par plusieurs paramètres climatiques dont la température, l'humidité, le vent et la pluviométrie paraissent déterminants. Aussi, le phénomène El Nino a une incidence aggravante sur l'occurrence des feux de végétation dans le district.

En outre, une assistance météorologique au service en charge des feux de brousse nécessite des points de mesures dans le district du Zanzan qui est une zone à risque. Les résultats de cette étude montrent la nécessité de réhabiliter le réseau météorologique existant dans le Zanzan et même de le densifier afin de mettre à la disposition des structures en charge de la protection de la forêt des résultats d'étude qui répondent aux besoins locaux. Par ailleurs, les services forestiers devront

s'investir dans le développement d'un système national de prévision du danger de feux de végétation. Leur collaboration avec les services en charge du climat est de ce fait indispensable.

REFERENCES

- [1] Allen G.R., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and drainage paper, 1998, 300p.
- [2] ARIF A., 1992. Situation climatique et déclenchement des incendies de forêts. In météorologie et incendies de forêts, édité par OMM et FAO. pp 129- 137.
- [3] ASECNA, 1979. Le climat de la Côte d'Ivoire. Service météorologique, Abidjan, 69 p.
- [4] BIGOT S., BROU Y.T., OSZWALD J., DIEDHIOU A. 2005. Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. Sécheresse, 1 (6), 5 -13.
- [5] BROU T. Y., 1997 : Analyse et dynamique de la pluviométrie en milieu forestier ivoirien : recherche de corrélations entre les variables climatiques et les variables liées aux activités anthropiques. Thèse de Doctorat 3ème cycle, IGT, Abidjan, 210 P
- [6] DJE, 2006. Apport d'un SIG et de la météorologie dans le suivi et la gestion des feux de brousse en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, Centre Universitaire de Recherche et d'Application de la Télédétection, Université de Cocody.
- [7] DOLIDON H., 2007. La multiplicité des échelles dans l'analyse d'un phénomène d'interface nature/ société. L'exemple des feux de brousse en Afrique de l'ouest. Cybergeographie : european Journal of Geography n° 363. 20p.
- [8] ESA, 2006. World fire maps now available online in near-real time.
http://www.esa.int/About_Us/ESRIN/World_fire_maps_now_available_online_in_near-real_time
- [9] ESA, 2009. Contrôle des variables climatiques essentielles depuis l'espace : couverture végétale et incendies. Solutions aux Changements Climatiques 2009. www.esa.int
- [10] GIEC. (2013). Bilan sur les changements climatiques : Rapport de synthèse GIEC, Stockholm, en Suède, 34 p.
- [11] GUILLAUMET J.-L., ADJANOHOOUN E., 1971. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, chapitre : la végétation. Mémoire ORSTOM n° 50 Paris 1971, pp 157-263
- [12] HARGREAVES, G. H. SAMANI, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture 1(2), pp 96–99.
- [13] INRA, 2009. Indicateurs écophysiologiques de sécheresse édaphique. Unité mixte de recherches INRA-Nancy-Université 1137 « Ecologie et écophysiologie forestières ».
- [14] NDABALISHYE I., 1995. Agriculture vivrière ouest-africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire. Bouaké, IDESSA; Abidjan, CEDA, 384p.
- [15] NOAA (2009), Monthly Niño-3.4 sea surface temperature
- [16] NOAA (2009), Monthly Niño-3.4 sea surface temperature, <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>, Clim. Predict. Cent., Camp Springs, Md.
- [17] OGUNTALA A., 1982. Wildland fires particularly in tropical regions. Agricultural Meteorology. CAGM report N° 10. 44p.
- [18] Oguntala, A. B., 1987. The climate aspects of the 1982 / 1983 wildland fires in Nigeria. In Reifsneider and Darnhofer. Meteorology and Agroforestry, pp 539 – 545
- [19] OMM (1994). Guides des pratiques hydrologiques : acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Organisation Météorologique Mondiale, OMM n°168, 829 p.
- [20] OMM (2009). Troisième conférence mondiale sur le climat, Nouvelles du climat mondial, 34, janvier, www.wmo.ch (April 19, 2016)
- [21] OMM, 1982. Système mondial intégré de services océaniques, Plan général et programme de mise en oeuvre pour 1982-1985
- [22] OMM, 2005. Rapport sur la Conférence mondiale sur la prévention des catastrophes, Kobe, Hyogo, Japon, 18-22 janvier 2005
- [23] Reifsneider, W. E., 1978. Systems for evaluating and predicting the effects of weather and climate on wildfires. World Meteorological Organization Special Report No 11, WMO No 496, 34 p.
- [24] SHUANGHE S., YUANSU J., 2004. Agrometeorology. WMO Regional Meteorological Training Center. International Training Course. Nanning China. Chapter 5 pp 1-27, chapter 6 pp 1- 61.
- [25] YAO N., 2010. Mapping Bushfire Distribution and Burn Severity in West Africa Using Remote Sensing Observations. Thèse de doctorat. Würzburg 2010. Allemagne.

Parasitologie des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès (Maroc)

[Parasitology of wastewater the hospital Mohammed V Meknes (Morocco)]

Jawad BOUZID^{1,2}, Abdelkader CHAHLAOU¹, Khadija OUARRAK³, Samira JAOUHAR², and Abdelaziz BOUHLAL¹

¹Equipe Gestion et valorisation des ressources naturelles, Laboratoire Santé et Environnement,
Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail de Meknès, Meknès, Maroc

² Institut Supérieur des Professions Infirmières et Techniques de Santé Fès,
Annexe Meknès, Meknès, Maroc

³Laboratoire d'analyses médicales,
Centre Hospitalier Régional de Meknès, Meknès, Maroc

Copyright © 2017 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 wastes generated by the care at a hospital are numerous: solids, liquids and other. They give rise to risks of various kinds for the environment and for the health of human. These risks include those related to the existence of parasites, now called medical and pharmaceuticals wastes according to the law 28 00. The present study aims to study the parasitological characterization of hospital effluents. The place chosen for the study is the hospital Mohamed V Meknes because its history (1956) and its fame as care referral center and interregional consultations radiation. It is among the most important hospitals in the kingdom. It serves a population of about 2,125,608 inhabitants in 22 disciplines. The clinical laboratory of the hospital, 25 samples were analyzed over a period of four weeks on the modified Baillenger technique. The results showed the detection of protozoa, helminths, flatworms, nematodes, tapeworms and others. They have also identified a qualitative variation (different parasite species) and quantitative (concentration per 100ml) of the parasite load.

KEYWORDS: wastewater, meknes, parasites, plathelminthes, némathelminthes.

RÉSUMÉ: Les déchets générés par les soins au niveau d'un hôpital sont nombreux : les solides, les liquides et autres. Ils engendrent des risques de différentes natures pour l'environnement et pour la santé de l'Homme. Parmi ces risques figurent ceux liés à l'existence de parasites dans ces déchets désormais dits déchets médicaux et pharmaceutiques selon la loi 28 00. La présente étude se propose d'étudier la caractérisation parasitologique des effluents hospitaliers. Le lieu choisi pour l'étude est l'hôpital Mohamed V de Meknès vu son histoire (1956) et sa renommée en tant que centre de référence de soins et de consultations de radiation interrégionale. Il est parmi les établissements hospitaliers les plus importants au royaume. Il dessert une population d'environ 2 125 608 habitants avec 22 disciplines. Au laboratoire d'analyses médicales de l'hôpital, 25 échantillons ont été analysés sur une période de quatre semaines selon la technique de Baillenger modifiée. Les résultats ont montré la mise en évidence des protozoaires, des helminthes, des plathelminthes, des Nématodes, des cestodes et d'autres. Ils ont permis aussi de relever une variation qualitative (différentes espèces parasites) et quantitative (concentration par 100ml) de la charge parasitaire.

MOTS-CLEFS: effluent hospitaliers, Meknes, parasites, plathelminthes, némathelminthes.

1 INTRODUCTION

L'hôpital est un lieu où sont prodigués des soins de différentes catégories allant de simples gestes jusqu'aux actes très pointus et complexes tels que les gestes invasifs (interventions chirurgicales, endoscopie ...). Ces gestes génèrent des déchets de différentes natures et sont responsables d'une menace sérieuse pour l'Homme et pour l'environnement (1). Ces déchets dits médicaux et pharmaceutiques (DMP) (2) se divisent en deux types : les effluents hospitaliers et les déchets solides (3). Le développement socio-économique et l'accroissement démographique que connaît le Maroc pendant ces dernières décennies ont engendré une augmentation de la quantité des déchets provenant essentiellement des ménages, des industries et des établissements de soins. Toutefois, cette évolution n'a pas été accompagnée de mesures adéquates pour l'amélioration de la gestion de ces déchets entraînant ainsi une multiplicité et une intensité des effets négatifs sur la santé de l'Homme et sur l'environnement en général (4). Diverses études ont montré que la gestion de la filière des déchets est insatisfaisante surtout que l'élimination des déchets ne respecte pas l'environnement (4). La question de la présence de polluants dans les milieux aquatiques, et plus particulièrement dans les ressources en eau est une préoccupation internationale majeure en raison des enjeux environnementaux, sanitaires, stratégiques et financiers. Les déchets infectieux peuvent contenir les agents pathogènes tels que les parasites, bactéries, virus et champignons. Leur rôle dans l'éclosion des infections associées aux soins n'est plus à démontrer (5) (6) (7) et (8). Les différents composants de l'environnement hospitalier (déchets par exemple), peuvent supporter de nombreux microorganismes d'origine humaine ou spécifiquement environnementaux (bactéries, parasites et autres) qui appartiennent aux espèces opportunistes (peu ou pas pathogènes) et aux espèces pathogènes pour l'Homme (9). La contamination de l'environnement hospitalier varie qualitativement et quantitativement d'un établissement à un autre (9).

Dans ce constat, il nous est apparu intéressant de réaliser une étude sur les effluents liquides hospitaliers afin de connaître leur degré de pollution parasitologique.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 LE LIEU DE L'ÉTUDE

L'hôpital Mohamed V de Meknès (figure 1) vu son histoire (1956) et sa renommée qui font de lui un centre de référence de soins et de consultations de rayonnement régional voir même interrégional. Il est le plus important des établissements hospitaliers de la région de Meknès/Tafilalt. D'après le haut-commissariat du plan, il dessert une population d'environ 2 125 608 habitants. C'est un hôpital vertical constitué de cinq étages, un rez-de-chaussée et trois sous-sols. Ses services sont disposés en quatre ailes sous forme d'étoile autour d'un hall. Il est implanté sur une superficie construite de 3643 m² (3) (5). Il offre des prestations de diagnostic et de soins spécialisés dans 22 disciplines (5). En 2013, la capacité litière fonctionnelle est de 378 selon la direction régionale de la santé Meknès/Tafilalt, (3).

Les indicateurs de performances de l'hôpital sont présentés sur le tableau I.

Tableau I : Quelques indicateurs de l'hôpital Mohamed V

Indicateur	2009	2010	2011	2012	2014
Population de la région			2186000*		2317000***
Capacité litière fonctionnelle	363**	395**	395**	388**	378***
Admissions	15432**	16473**	16687*	15409**	16059***
Journée d'hospitalisation	75865**	79090**	79641*	71764**	69448***
Taux d'occupation moyen	57**	55**	55.2*	56**	50,3***
Durée moyenne de séjour	5**	5**	4.8*	5**	4,3***
Intervalle de rotation	4**	4**	3.9*	4.5**	4,6***
Taux de rotation	43**	42**	42.2*	40**	42,5***
Interventions chirurgicales	4314**	3489**	7444*	3788**	3 341***
Examens de laboratoire	62796**	66079**	36778*	82641**	99 838***

*Source : * Santé en chiffre 2011, édition 2012, MS ;*

*** Service de statistiques de l'hôpital Mohamed V ;*

**** Santé en chiffre 2014, édition 2015, MS*

2.2 MATÉRIEL

La fréquence des prélèvements d'échantillons des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès est d'une journée par semaine pendant un mois. Il est à noter que le nombre de prélèvements par jour était de 6 (tableau 2). Le collecteur principal a été le lieu de prise de ces échantillons.

Des échantillons d'un litre et demi sont prélevés et conservés par l'ajout de Formol 10% (2 ml/litre) dans des flacons stériles. Les flacons sont analysés au laboratoire du même hôpital. La durée de la décantation est d'une nuit ; puis au laboratoire, les échantillons d'eaux usées sont placés aux analyses. Au total 21 prélèvements ont été réalisés sur une période de quatre semaines, 25 échantillons ont été analysés (Tableau II).

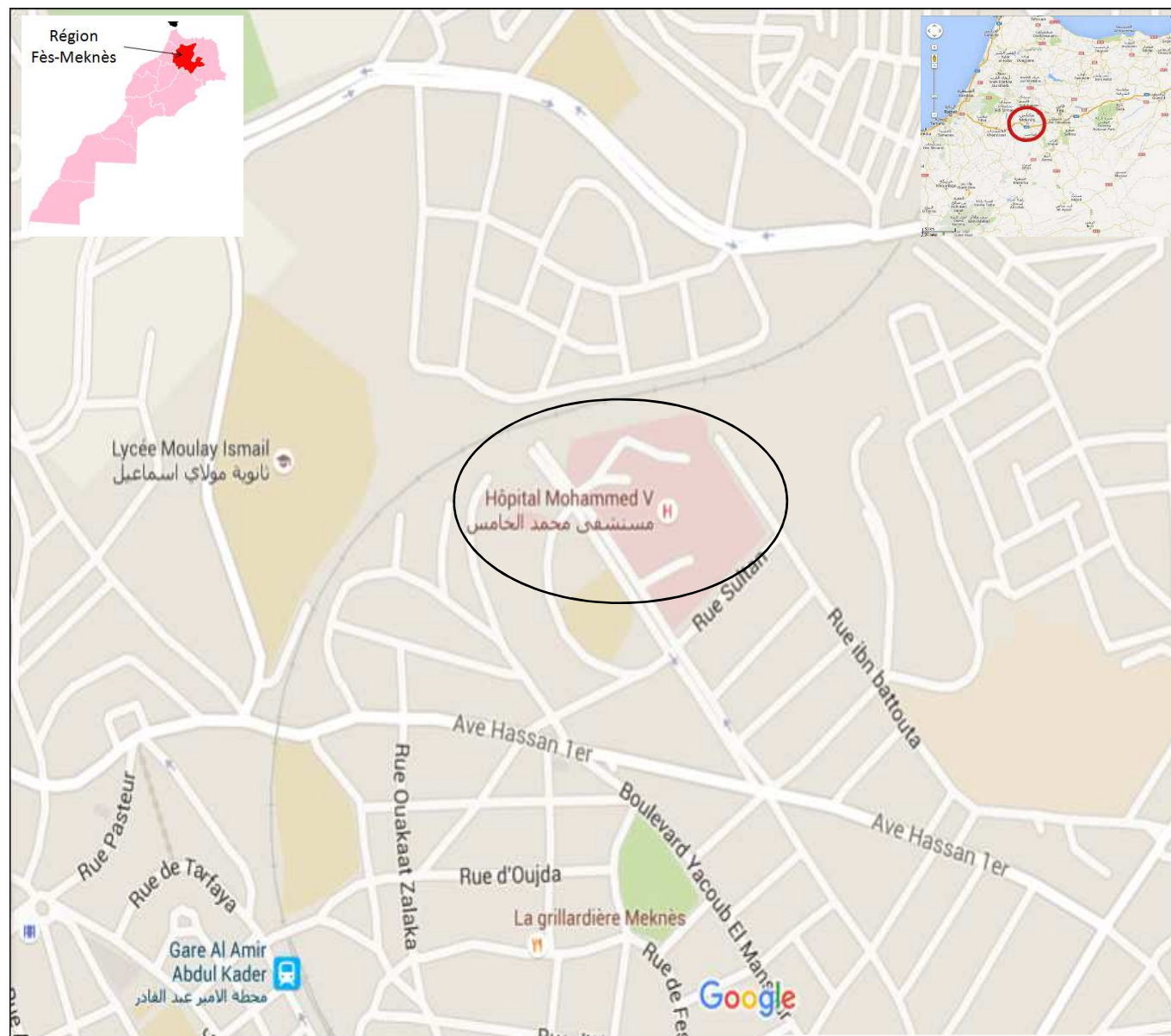


Figure 1: Situation géographique de l'hôpital Mohamed V de Meknès (5)

Tableau II : Répartition temporelle des prélèvements

	9h	11h	13h	15h	17h	19h	Mélange des prélèvements de la journée
S1	X	--	X	--	--	X	X
S2	X	X	X	X	X	X	X
S3	X	X	X	X	X	X	X
S4	X	X	X	X	X	X	X

2.3 MÉTHODE

L'examen parasitologique s'est effectué à l'aide de la Méthode de Bailenger modifiée (13) et (14). Cette méthode a été adaptée aux eaux résiduaires et a été qualifiée qu'elle est la meilleure dans l'ensemble (14). Elle est recommandée par l'OMS (15). Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire d'analyses médicales du centre hospitalier régional de Meknès.

Les parasites recherchés sont ceux identifiables par la méthode Bailenger modifiée (figure 2). Les formes infectantes de certains parasites sont éliminées en très grande quantité dans la nature à partir des hôtes parasites. C'est le cas notamment de kystes d'amibes, de *Giardia intestinalis* ou d'autres parasites. La viabilité de ces parasites dans le milieu extérieur est prolongée et les moyens de détection et de prévention restent limités (16).

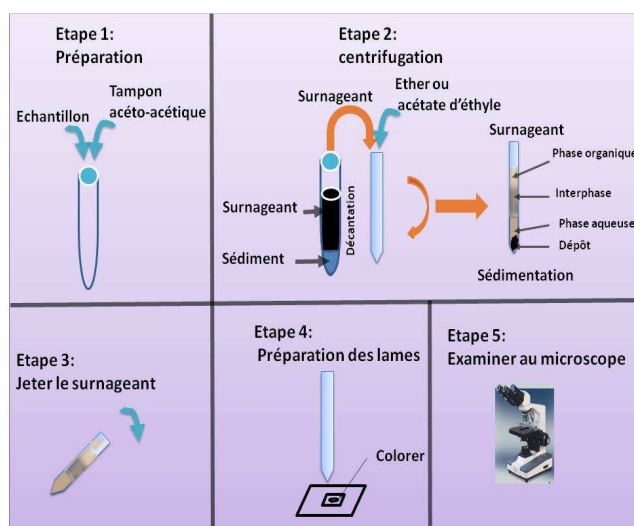


Figure 2: Technique Bailenger modifiée

3 RESULTATS

Les résultats des paramètres parasitologiques nous ont permis de dégager certaines remarques :

- Absence durant la première semaine de certaines espèces telles que le *Blastocystis hominis*, l'*Ascaris sp* et le *Giardia*
- Absence de *hymenolipis nana* et d'*Entamoeba minuta* la deuxième semaine alors qu'elles étaient identifiées la première semaine. Ceci pourrait être dû au fait que les malades affectés par ces germes étaient soit qu'ils sont guéris soit qu'ils ont quitté l'hôpital.
- Un gradient décroissant des effectifs de toutes les espèces à partir de la deuxième semaine.

Les résultats de l'étude parasitologique sont présentés en fonction de l'espèce indépendamment du moment de prélèvement et sont scindés en deux parties :

- Données descriptives
- Analyse des données

3.1 DONNÉES DESCRIPTIVES

Le tableau III illustre la description des valeurs relatives aux différents parasites. Cette description concerne les moyennes, l'écart type, les valeurs minimales et maximales. La figure 3 montre que les effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès sont dominés par les levures avec plus des trois quart des échantillons, suivis du *Blastocystis hominis* avec 9%, puis le *giardia*, l'*hymenolipis nana*, l'*ascaris*, et l'*Entamoeba minuta* avec respectivement 5%, 4%, 3% et 2%.

Tableau III : Statistiques descriptives

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Levures	4	1300	289,17	361,83
<i>Blastocystis hominis</i>	0	200	32,04	56,73
<i>Ascaris</i>	0	100	11,61	30,53
<i>Giardia</i>	0	100	17,04	36,76
<i>Hymenolipis nana</i>	0	100	13,43	34,29
<i>Entamoeba minuta</i>	0	100	8,7	28,81

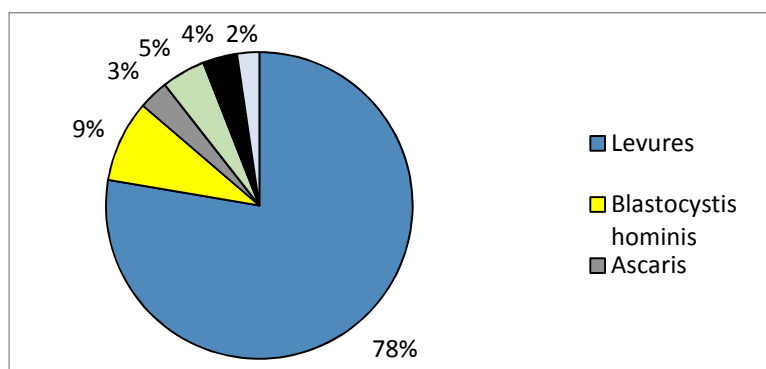


Figure 3 : Pourcentage des parasites sur l'ensemble des prélèvements

L'allure de la courbe de la figure 4 montre que la deuxième semaine a enregistré les valeurs les plus importantes pour chacun des microorganismes isolés et dénombrés sauf pour l'*Hymenolipis nana* qui est nombreux la première semaine (figure 4).

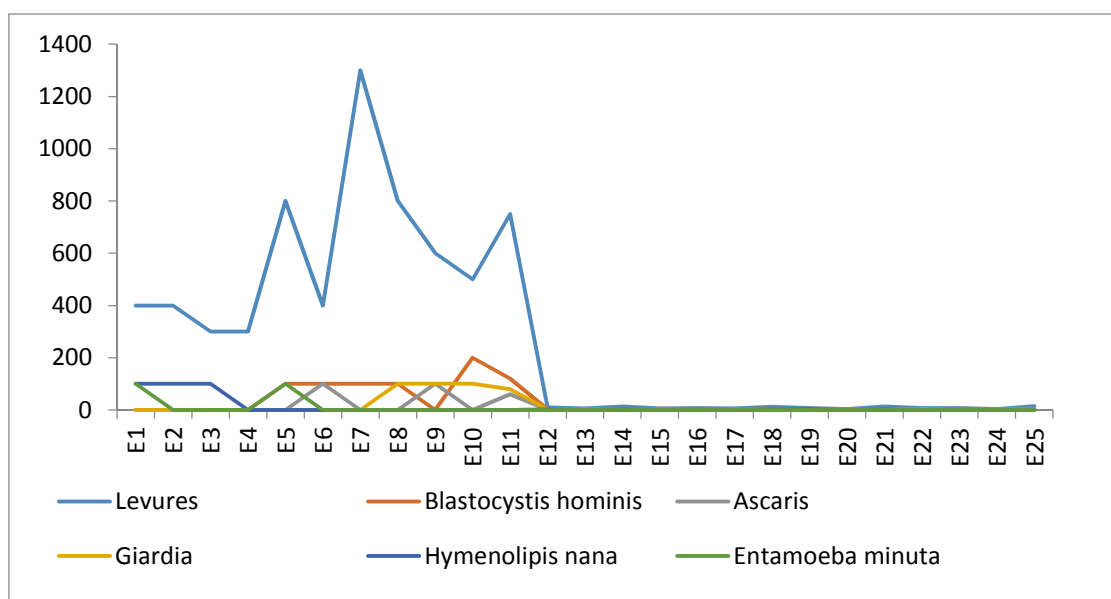


Figure 4 : Evolution temporelle de la parasitologie des effluents hospitaliers

3.2 ANALYSES DES DONNÉES

Les données analytiques des paramètres parasitologiques des effluents de l'hôpital Mohamed V se présentent sur le tableau IV qui illustre la matrice de corrélation de Pearson (n). Le tableau V montre les valeurs propres de l'analyse en correspondance principale (ACP) tandis que les corrélations entre les variables et les facteurs sont représentées sur figures 5 et 6.

Tableau IV: Matrice de corrélation (Pearson (n))

Variables	Levures	Blastocystis hominis	Ascaris	Giardia	Hymenolipis nana	Entamoeba minuta
Levures	1	0,680	0,279	0,467	0,076	0,271
Blastocystis hominis	0,680	1	0,227	0,590	-0,231	0,100
Ascaris	0,279	0,227	1	0,415	-0,155	-0,120
Giardia	0,467	0,590	0,415	1	-0,190	-0,146
Hymenolipis nana	0,076	-0,231	-0,155	-0,190	1	0,336
Entamoeba minuta	0,271	0,100	-0,120	-0,146	0,336	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES :

Les deux axes pris en considération pour décrire les corrélations entre les variables, détiennent 65 % de l'information totale avec respectivement 40 % pour l'axe F1 et 25 % pour l'axe F2 (tableau V).

Tableau V: Valeurs propres

	F1	F2
Valeur propre	2,409	1,504
Variabilité (%)	40,155	25,074
% cumulé	40,155	65,229

La figure 5 montre les corrélations entre les variables et les facteurs comme suit :

- L'axe factoriel F1 est très bien exprimé par le *blastocystis hominis*, les levures et le giardia, un peu moins par l'ascaris.
- L'axe F2 est très bien exprimé par l'*entamoeba minuta* et un peu moins par l'hymenolipis nana.

La figure 4, montre aussi deux groupes de variables qui corrélerent entre elles, ces deux groupes sont :

- Le premier groupe est constitué des levures, de l'ascaris, du giardia et du blastocystis hominis.
- Le deuxième groupe est composé de l'*entamoeba minuta* et l'*hymenolipis nana*.

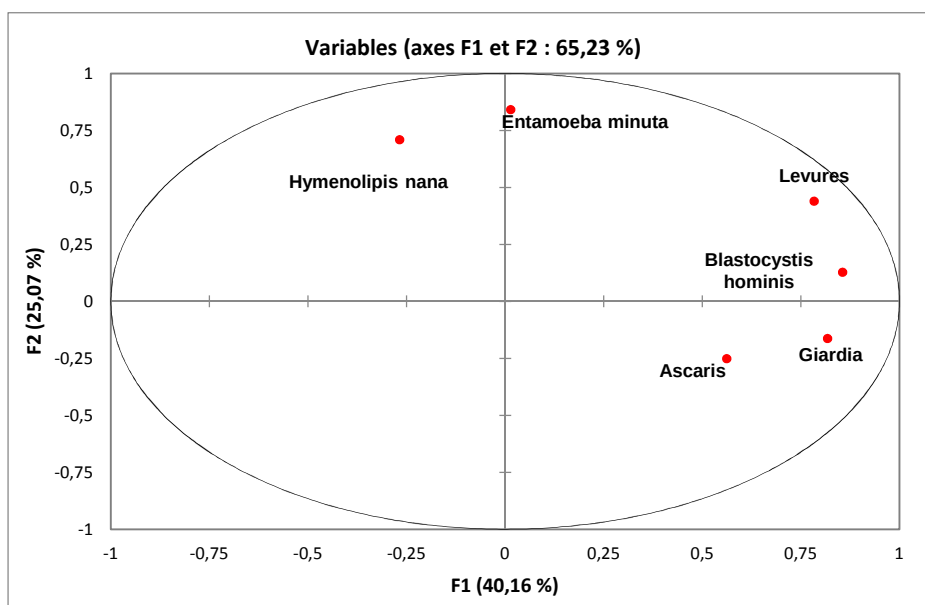


Figure 5: ACP des variables (les espèces)

L'ACP des observations renseigne que celles-ci sont assemblées en trois groupes : Le premier groupe G1 est constitué exclusivement d'échantillons de la première semaine (E1, E2, E3 et E5), le deuxième groupe G2 est constitué d'échantillons de la deuxième semaine (E6, E7, E8, E9, E10 et E11) alors que le troisième groupe G3 est constitué des autres échantillons (Figure 6). Elle renseigne aussi sur le fait que les échantillons du G1 sont représentés par *l'entamoeba minuta* et *l'hymenolipis nana*. Les échantillons du G2 sont représentés par les levures, l'ascaris, le giardia et le *blastocystis hominis* (la figure 6).

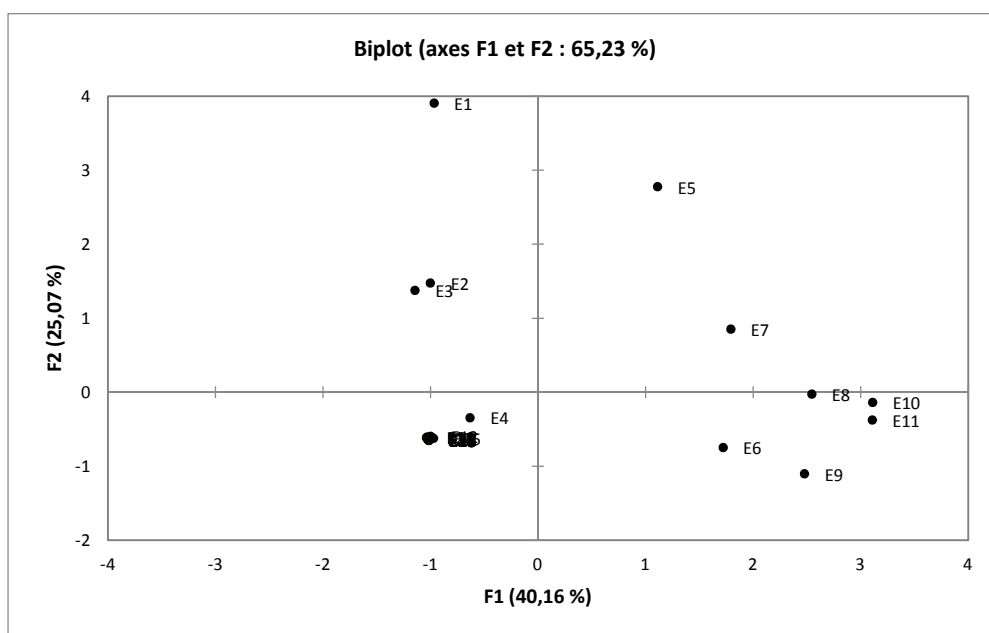


Figure 6 : ACP des observations (les échantillons)

4 DISCUSSION

Les analyses parasitologique par la méthode de Baillenger modifiée nous ont permis de mettre en évidence des protozoaires, des helminthes, des plathelminthes, des Nématodes, des cestodes et d'autres.

Elles nous ont permis aussi de constater que les protozoaires sont présents avec un nombre d'individus d'environ le double de celui des helminthes et que les plathelminthes sont à effectif semblable de celui des nématodes contrairement à Chalabi (1993) à Marrakech où les nématodes sont largement plus nombreux que les cestodes (17), quant à Firadi (1996) a conclu que les Cestodes dominent les Nématodes à Ouarzazate (18). Beaucoup d'études ont conclu que les œufs des Nématodes dominent ceux des Cestodes dans les eaux usées (19) et (20). Au Maroc, cette prédominance a été confirmée dans les travaux de certains auteurs, à savoir Habbari en 1992 (21), Belghyti, et al en 1994 (22), Nsom-Zamo et Belghyti, en 2003 (23) et Elguamri et Belghyti en 2007 (24).

Les *Ascaris* sp (Ascaridiose) dont le code OMS selon la Classification Internationale des Maladies version 10 (CIM10) est B77 (25) sont identifiés à hauteur de 11 œufs par litre alors que Hamaidi en a identifié 9 œufs/l. Selon l'OMS, la présence de l'*Ascaris* sp. dans les effluents est considérée comme un risque majeur pour la réutilisation de ces eaux en agriculture. Notons qu'une teneur de plus d'un œuf par litre d'eau usée augmenterait le risque de contracter l'ascaridiose selon Blumenthal (26).

Nous avons mis en évidence l'*Hymenopilis nana* avec une concentration de 12 œufs par litre alors qu'en Algérie au niveau des eaux usées brutes de l'Oued Beni Azza cette concentration est de 50 œufs/l (27).

La CIM 10 affecte le code A071 à la maladie Giardiose ou Lambliaose (25) dont l'agent causal est le *Giardia* sp. Nous avons mis en exergue ce dernier à une teneur de 16 kystes par litre, largement en deçà de celle relevée par Hamaidi qui est de 70 kystes/l (27).

Le *Blastocystis hominis* est connu comme étant un pathogène du tractus gastro-intestinal en engendrant une maladie hydrique appelée : Blastocystose. La méthode Bailenger nous a permis d'identifier et de dénombrer ce parasite à une concentration de 30 cellules par litre. Une étude, menée à l'hôpital militaire Moulay Ismail de Meknès en 2010, a conclu que sur les 435 cas dont l'examen parasitologique des selles a été positif, 137 cas à *Blastocystis hominis*, soit un pourcentage de 31% (28).

L'amibiase est classée 3^{ème} des maladies parasitaires les plus meurtrières au monde (29). On estime que 10% de la population mondiale est infectée par des amibes parasites (29). L'*Entamoeba minuta* est la forme non hématophage d'*Entamoeba histolytica*, agent causal de l'amibiase. Nous avons mis en évidence 8 œufs d'*Entamoeba minuta* par litre.

5 CONCLUSION

Les analyses parasitologiques que nous avons effectuées sur les effluents de l'hôpital Mohamed V ont permis de relever une variation qualitative (présence ou absence des espèces) et quantitative de la charge parasitaire des effluents hospitaliers étudiées, ces variations sont en fonction du temps, elles sont très importantes d'une semaine à une autre. Elles ont permis aussi la mise en évidence de la présence de plusieurs agents qui lèsent à l'environnement et à la santé humaine. La prévention contre leurs nuisances passe en premier lieu par la caractérisation des risques à ces effluents, entre autre parasitologique. Celle-ci nous a prouvé la présence aussi bien de levures, des protozoaires tels qu'*Entamoeba*, *Giardia* et *Blastocystis* que des helminthes à savoir *Hymenopilis nana*, l'*ascaris*. Ces levures et protozoaires identifiés représentent un risque majeur pour la santé de l'Homme ; ce qui nous interpelle tous, à se focaliser sur cette problématique afin d'éliminer si non, réduire leurs risques.

REFERENCES

- [1] ABDELSADOK A., "Etude d'accompagnement pour de la gestion des déchets médicaux au Maroc, capitalisation de l'expérience française," *Mémoire de Mastère Spécialisé*. s.l. : Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg. pp. 15-20, 2010.
- [2] Gouvernement Marocain, "Loi n°28-00 relative à la gestion des déchets et leur élimination," *Bulletin officiel n°5480 du 7 décembre 2006*. Rabat : Secrétariat Général du Gouvernement, 7 12. 5480, 2006.
- [3] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, ZAID Abdelhamid, BOUHLOU Loubna et RACHID Moulay mehdi, "Etude bactériologique et physico-chimiques des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès," [éd.] ScienceLib Editions. 130803, s.l. : Mersenne, 22 08, Vol. 5, pp. 2-13. ISSN 2111-4706, 2013
- [4] DREMONT C. et HADJALI R., "La gestion des effluents liquides en milieu hospitalier." s.l. : Université de Technologie de Compiègne. projet de DESS "Techniques biomédicales hospitalières". http://www.utc.fr/~farges/DESS_TBH/96-97/Projets/EL/EL.htm, 1997.

- [5] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, BOUHLAL Abdelaziz, AABABOU Salma, AARAB Mouna, JARI Ikram, "Détermination de la prévalence des infections du site opératoire chez les opérés de l'hôpital Mohamed V de Meknès. IJISR, Vol. 14, 2, pp. 198-207, 2015.
- [6] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, BOUHLAL Abdelaziz, OUARRAK Khadija, "Caractérisation du risque bactériologique des déchets médicaux et pharmaceutiques solides de l'hôpital Mohamed V de Meknès (Maroc), " Innovative Space of Scientific Research Journals, International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 20, pp. 259-267. 2351-8014, février 2016.
- [7] Saini Savita, et al., "The study of bacterial flora of different types in hospital waste: Evaluation of waste treatment at AIIMS hospital, New Delhi, "Department of Pediatrics, Department of Microbiology, Department of Hospital Administration. [éd.] India New Delhi. *Medical Sciences.*, Vol. 35, 4, Décembre 2004.
- [8] Elouardi E. et Maaroufi Y., "Gestion écologique des déchets solides médicaux et pharmaceutiques: Cas de l'hôpital Avicenne-Souissi," [éd.] Centre Stratégique International de la Gouvernance Globale. Université Mohamed V, 2010.
- [9] LEILA TELHIG et MOHAMED HÉDI DHAOUADI, "La gestion des déchets d'activités de soins. *Hygiène hospitalière et lutte contre les Infections Associées aux Soins*," Ministère de la Santé Publique, Direction Régionale de la Santé de Bizerte, Service Régional d'Hygiène du Milieu, Vol. Volume 4, pp. 74-81. Ouvrage collectif à l'usage des personnels soignants et des hygiénistes, 2010.
- [10] Bailenger J., "Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their," s.l. : Journal of American medical technology, vol. 41, pp. 65-71, 1979.
- [11] Bouhoum K. and Schwartzbrod J., "Quantification of helminth eggs in wastewater, " 188, s.l. : Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin, pp. 322-330, 1989.
- [12] Organisation mondiale de la santé, "Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en Agriculture," *Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie*, Genève : OMS, p. 32, 1996.
- [13] Gibson CJ., Hass CN. and Rose JB., "Risk assessment of waterborne protozoa: current status and future trends, " 117, pp. S205-S212, 1998.
- [14] Chalabi M.M., "Performance d'élimination des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans le Chenal Algal à Haut Rendement," Fac. Sci. Marrakech : Fac. Sci Marrakech, p. 120, Thèse de 3ème cycle, 1993.
- [15] Firadi R., "Epuration et réutilisation des eaux usées de la ville de Ouarzazate en agriculture: Devenir des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans les eaux usées et les boues," s.l. : Fac. Sci. Marrakech, p. 114, Thèse de 3ème cycle, 1996.
- [16] Alouini Z., Achour H. et Alouini A., "Devenir de la charge parasitaire des eaux usées traitées dans le réseau d'irrigation "Cebala" in Zekri, Laajini A., " agriculture durabilité et environnement. CIHEAM, pp. 117-124, 1995.
- [17] Schwartzbrod J. et Banas S., "Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants," *Water Science Technology*. Water Science Technology, Vol. 47, 3, pp. 163-166, 2003.
- [18] Habbari KH., "Impact de l'utilisation des eaux usées sur l'épidémiologie des helminthiases et de la croissance chez l'enfant d'El Azouzia," Marrakech : Faculté des sciences, Thèse de 3ème cycle, 1992.
- [19] Belghyti D., El Kharrim K., Bachikh J. et Gabrion C., "Caractérisation parasitologique des eaux usées, du lac Fouarat (Kénitra - Maroc) et évaluation du niveau épidémiologique dans une population rurale en contact avec ces eaux," Marrakech : s.n., 1994.
- [20] Nsom-Zamo et Belghyti D., "Parasitological study of helminths eggs carried by the untreated wastewater of the Maamora urban district (Kénitra-Morocco)," *Journal Européen d'Hydrologie*, Vol. 34, 2, pp. 245-250, 2003.
- [21] El Guamri et Belghyti D., "Charge parasitaire des eaux usées brutes de la ville de Kénitra (Maroc), " *Afrique SCIENCE*, Vol. 3, 1, pp. 123-145, 2007.
- [22] OMS., " International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems," *Publication OMS*. Bibliothèque OMS, Vol. 2, 2010.
- [23] Blumenthal UJ., Mara Duncan D., Peasey A., Guillermo Ruiz-Palacios and Stott R., "Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: Recommendations for revising" WHO guidelines. Genève : OMS, Vol. 9, 78, pp. 1104-1116, 2000.
- [24] Hamaidi F., BENGHEBIA A., ZAHRAOUI R., KAIS H., HAMAIDI S. et MEGATELI S., "Analyse parasitologique des eaux usées brutes de l'oued Beni Azza contaminé par les eaux usées de la commune d'Oueld Yaich, " *Sciencelib*. Sciencelib. Mersenne, Vol. 4, 2012.
- [25] DI GUARDIA JM., "Les déchets d'activités de soins." [En ligne] 2010. [Citation : 15 Juillet 2013.] ars-npdc-santeenvironnement@ars.sante.fr.
- [26] Nancy Guillén et al., "Amibiase," *Institut Pasteur*. [En ligne] Copyright Institut Pasteur (Consulté le 30 avril 2016) URL: <http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/amibiase>. , Décembre 2012.

Effect of Board Composition and Structure on performance of Kenya Football Premium League

Paul Tuitoek¹, Simon Kipchumba², Joel Koima¹, and Benard Odera Asienyo³

¹Faculty of Commerce, Kabarak University, Kenya

²Department of Business Administration, Faculty of Commerce, Egerton University, Kenya

³Organizational Development and Project Management Consultant, Bistech Systems, Nakuru, Kenya

Copyright © 2017 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: Football is an “industry” and clubs “businesses” characterized by competition for resources. The opportunities presented by expanding markets and the challenges of an environment characterized by increasing competition require that clubs successfully position themselves to build sustainable, competitive advantage. The main aim of the study was to analyze the effects of board composition and structure on performance of soccer management in Kenya Premium League. The study adopted descriptive research design taking 96 elected officials and 48 employees giving a total of 144 target population who understood key issues of football governance as the target population of the study. The study used probability sampling random sampling technique to select the respondents. Data was collected using both primary data collection tools. Structured questionnaires administered to the selected respondents was used to elicit information related to governance structure of the Clubs whereas both structured questionnaire and secondary data collection form was used to collect information related to Kenya Football Premium League Performance. In spite of board membership being drawn from members who were not necessarily footballs, the board lacked wider representation in terms of gender, institutional representation like the government, age variability making the board not to have the face of Kenya, that is most clubs were aligned to specific tribe or counties, the idea which was a replica of their respective boards.

KEYWORDS: Corporate Governance, Football Performance, Corporate Structures

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND TO CORPORATE GOVERNANCE

Craig (2005) stated that Corporate Governance is defined and practiced in different ways globally depending upon the relative power of owners, managers and provider of capital. It entails the procedures, customs, laws and policies that affect the way corporations are directed, administered or controlled. An important objective of Corporate Governance is to ensure accountability and transparency for those who are involved in the policy implementation of organizations through mechanisms that will reduce principal agent conflict. Keasey and Wright (1993) define Corporate Governance as a framework for effective monitoring, regulation and control of companies which allows alternative internal and external mechanisms for achieving the laid down objectives. The internal mechanisms include the board composition, managerial ownership, and non-managerial shareholding including the institutional shareholding while external mechanisms includes; the statutory audit, the market for corporate control and stock market evaluation of corporate performance.

Using the agency theory approach (Shleifer and Vishny, 1997) define CG as a process in which suppliers of finance to firms assure themselves of getting a return on their investment. The authors posit that CG is mainly concerned with principal agency problem between ownership and control and it is seen as a set of mechanisms through which outside investors

protect themselves against expropriation by insiders. CG is also defined as the system by which companies are directed and controlled to attain the goals as well as the objectives. It is a set of relationship between the company's management, its board, its shareholders and stakeholders that provides the structure through which objectives of the company are set and achieved (Cadbury, 1992).

1.2 BOARD COMPOSITION

The board of directors is considered to be the first defense for shareholders' interest against aggressive management actions. The roles of the board are not only to monitor management actions but also to work with senior management to achieve corporate legal and ethical compliance (BRC, 1999). Board composition not only refers to its size and the independence of directors but also to the processes for nominating new members and to the remuneration system for board members. The independence of the chairperson of the board and the commitment of independent directors are also important factors. It is also argued that diversity of gender influences the behaviour of the board. In relation to these attributes of boards of directors, there is a small amount of literature that exists to support their effectiveness, though no prior study has investigated the direct relationship between these attributes and earnings management. Therefore, it is important to identify whether these proposed attributes of boards of directors have a bearing on the incidence of earnings management. There follows an examination of relevant prior research in order to study the effects of each of these variables.

1.3 BOARD STRUCTURE

Van Der Walt and Ingley (2003) identified some dimension that are implied by the term diversity, they include but are not limited to employing board members of diverse professional backgrounds, gender, age, levels of independence and ethnicity (Van der Walt & Ingley, 2003). They further describe the board of an enterprise as a "pool of social capital". This, by implication, means that the board can also be seen as an intangible asset to the enterprise, an asset which should add value to the enterprise.

Board size refers to the total number of BOD of an organization and it includes the CEO and Chairman. The board size also includes the number of outside directors, executive directors and NED (Bhagat and Black 2002). The directors are elected by the shareholders at the AGMs and they do retire depending on the Company's Memorandum of Association. There is no restriction on the number of board members stipulated under the OECD Code on Corporate Governance although the board is required to include a balance of executive and non-executive directors to avoid the board being dominated by one individual. However under the best practices in corporate governance (Finance Committee on Corporate Governance, 2000) it is recommended that every board examine its size so as to ensure optimum effectiveness.

Equally important as board size, company should also focus on board independence. The board is composed of both employee of the organization (executive or insider) and senior or influential nonemployee (non-executive or outsider) (Moffett et al., 2006). At least one-third of the board should be nonexecutive director, a majority of whom should be independent (McGee, 2010). Being independent in this case is they are not currently non-executive; they were not employee of the company in the past years; they do not have current business relationship with the company; they are not an immediate family of an executive officer of the firm and so on. Thus, being non-executive only is not independent enough. Company then should also disclose biographies of its board members and make a statement to define their independence.

1.4 STATEMENT OF THE PROBLEM

Since the inception of the Football Kenya Federation (FKF) and its leadership, the quality of soccer in Kenya continues to deteriorate. There have been continuous wrangles between the Football Clubs, FKF, the football governing body and the government. Football Clubs on the other hand have a share of their challenges with complaints of players not paid their stipends and poor conditions that discourage players. All these are issues to do with governance which affect football performance. The management of Football in Kenya has faced a myriad of challenges, which include constant leadership wrangles, poorly organized leagues, misused of funds at the federation, lack of sponsors among many challenges. Existing literature that documents governance structure of the Football Clubs and the Football governing body FKF and how board composition and structure affect football performance is scanty of which this study hopes to fill the literature gap by analyzing the effects of board composition and structure on performance of soccer management in Kenya Premium League.'

1.5 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The present study will contribute to the existing body of knowledge concerning corporate governance practices and firm performance by analyzing the effect of corporate governance practices on performance of Kenya Football Premium League. First the findings from the study will be of great importance to FKF which is Football Governing Body in Kenya in informing exiting policy on how board composition, board structure, existing reporting practices and corporate leadership structure affect performance of Kenya Football Premium League. Secondly, the finding from the study will be of interest to scholars in corporate governance, sports and more especially football, advertisement and media on how corporate governance practices affect football performance. Third, football being a big entertainment and sports industry with wide patronage, the findings from the study will be of interest to football fans, football logistics companies, and football related equipment producers in understanding how Clubs and FKF board composition, board structure, existing reporting practices and corporate leadership structure affect performance of Kenya Football Premium League.

2 LITERATURE

2.1 INTRODUCTION TO CORPORATE GOVERNANCE

Corporate Governance is the system by which companies are directed and controlled. It specifies the distribution of rights and responsibilities among different participants in the corporation, such as the board, managers, shareholders and other stakeholders, and spells out the rules and procedures for making decisions on corporate affairs. It also provides the structure through which company objectives are set and monitoring performance attained (OECD, 1999). A system of organization governance not only provide framework in which business organization are directed and controlled but helps to provide degree of confidence that is necessary for proper functioning of market economy (OECD, 2004).

According to Denis (2001) the fundamental perception and understanding of the field of CG originated from the fact that there are potential problems associated with separation of ownership and control which was inherent in the modern corporate form of organization and as a result they viewed CG as a structure with a set of institutional and market mechanisms that induce self-interested managers to maximize the value of the residual cash-flow of the firm on behalf of its shareholders. Jensen and Meckling (1976) stated that the agency theory apply to modern corporation and they explained that a manager who owns anything less than 100 percent of the residual cash-flow rights of the firm will tend to have conflict of interest with outside shareholders.

Pati (2005) stated that the boards and managers are accountable for pursuing effective CG. The role of effective CG is of great significance for society as whole and it enhances the efficient use of scarce resources both within the organisation and larger economy, and therefore there is flow of resources to those sectors where there is efficient production of goods and services and the return is adequate to satisfy the demand of the stakeholders. It assists the managers to remain focused on enhancing performance and ensure they are replaced if they fail to perform. CG forces the organisation to comply with laws and regulations in the corporate environment, and helps the supervisors to regulate the economy objectively without favouritism and nepotism. Effective CG enhances the confidence of investors, which encourages them to invest in those economic systems which are doing well. It also decreases the risk of capital flight from an economy and increases the flow and variety of capital in the economy and as a result, the cost of financing is lower therefore firms are encouraged to use resources more efficiently, thereby underpinning growth. CG has become such a prominent topic in the past two decades and it has attracted worldwide attention because of its apparent importance, particularly due to the much-unexpected collapse of giant corporations like Enron, and WorldCom (OECD, 2004).

The set of mechanisms guiding good CG decision making has been introduced in recent years through the enactment of governance codes throughout the world. The corporate financial scandals have made good CG an important tool for investors and other stakeholders. The scandals have resulted in countries introducing codes of good governance to complement their commercial codes or corporate laws and majority of the codes are voluntary. The principles formulated have provided a broad framework for a large number of countries to develop their own specific principles of corporate governance (Monks and Minow, 2002). The broad membership of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and the Commonwealth Association for Corporate Governance (CACG) organizations suggest that these principles reflect the views of a large number of countries with respect to addressing Corporate Governance (CG). The CG principles are minimum benchmarks against which member countries can compare their systems and carry out country specific initiatives (OECD, 1999).

Turnbull (1999) noted that although the principles are important, their limitations need to be recognized. She posits that these principles, which carry notions of codes of best practice, can be misleading. The codes tend to be portraying that they are ethically correct and righteous. She further points out that even if companies follow these principles, there is still no

assurance to the shareholders that the business is either a good investment or ethical. Therefore these principles should be understood as minimum acceptable practices as this will alert investors to the possibility of superior governance standards.

Corporate governance is a uniquely complex and multi-faceted subject. Devoid of a unified or systematic theory, its paradigm, diagnosis and solutions lie in multidisciplinary fields i.e. economics, accountancy, finance among others (Cadbury, 2002). As such it is essential that a comprehensive framework be codified in the accounting framework of any organization. In any organization, corporate governance is one of the key factors that determine the health of the system and its ability to survive economic shocks. The health of the organization depends on the underlying soundness of its individual components and the connections between them. According to Morck, Shleifer and Vishny (1989), among the main factors that support the stability of any country's financial system include: good corporate governance; effective marketing discipline; strong prudential regulation and supervision; accurate and reliable accounting financial reporting systems; a sound disclosure regimes and an appropriate savings deposit protection system.

Corporate governance has been looked at and defined variedly by different scholars and practitioners. However they all have pointed to the same end, hence giving more of a consensus in the definition. Coleman and Nicholas-Biekpe (2006) defined corporate governance as the relationship of the enterprise to shareholders or in the wider sense as the relationship of the enterprise to society as a whole. However, Mayer (1999) offers a definition with a wider outlook and contends that it means the sum of the processes, structures and information used for directing and overseeing the management of an organization. The Organization for Economic Corporation and Development (1999) has also defined corporate governance as a system on the basis of which companies are directed and managed. It is upon this system that specifications are given for the division of competencies and responsibilities between the parties included (board of directors, the supervisory board, the management and shareholders) and formulate rules and procedures for adopting decisions on corporate matters.

In another perspective, Arun and Turner (2002) contend that there exists a narrow approach to corporate governance, which views the subject as the mechanism through which shareholders are assured that managers will act in their interests. However, Shleifer and Vishny (1997), Vives (2000) and Oman (2001) observed that there is a broader approach which views the subject as the methods by which suppliers of finance control managers in order to ensure that their capital cannot be expropriated and that they can earn a return on their investment. There is a consensus, however that the broader view of corporate governance should be adopted in the case of banking institutions because of the peculiar contractual form of banking which demands that corporate governance mechanisms for banks should encapsulate depositors as well as shareholders (Macey and O'Hara (2001). Arun and Turner (2002) supported the consensus by arguing that the special nature of banking requires not only a broader view of corporate governance, but also government intervention in order to restrain the behaviour of bank management. They further argued that, the unique nature of the banking firm, whether in the developed or developing world, requires that a broad view of corporate governance, which encapsulates both shareholders and depositors, be adopted for banks. They posit that, in particular, the nature of the banking firm is such that regulation is necessary to protect depositors as well as the overall financial system governments in their effort to evaluate and improve legal, institutional and regulatory framework for corporate governance in their countries. The above principles also provide guidance in developing good corporate governance for those interested. Even though cultural and institutional differences exist between countries, the underlying principles may allow a more fundamental compatibility.

2.2 EMPIRICAL REVIEW OF BOARD COMPOSITION

Keys et al. (2003) found significant evidence of a positive relationship between board diversity, proxied by the percentage of women and/or minority races on boards of directors, and firm value, measured by Tobin's Q. Firms making commitment to increasing the number of women on boards also have more minorities on their boards and vice versa, and that the fraction of women and minority directors increases with firm size but decreases as the number of inside directors increases. Hermalin and Weisbach (2001) contended that board- specific phenomena are not quite explained by principal-agent models and note that current theoretical framework including agency theory does not provide clear-cut prediction concerning the link between board diversity and firm value. On the other hand, firms have in recent years been increasingly pressured by institutional investors and shareholder activists to appoint directors with different backgrounds and expertise, under the assumption that greater diversity of the boards of directors should lead to less insular decision making processes and greater openness to change. There are also strong conceptual and business propositions for diversity. A diverse workforce and diverse leadership within the firm can increase its competitiveness as a great variety of ideas and viewpoints are available for decision- making, attract a larger base of shareholders and employees, and help retain existing as well as potentially gain new minority consumer.

Fields and Keys (2003) conduct an extensive review of empirical research on outside directors and find overwhelming support from who support the beneficial monitoring and advisory functions to firm shareholders. A study by Uzun et al.

(2004) also finds that a higher proportion of independent outside directors is associated with less likelihood of corporate wrongdoing among U.S. companies.

The study by Faisal and Azlinda (2011) finds insignificant relationship between board independence and financial distress among Malaysian listed companies which indicates that the independence of directors may not be enough to act as an effective monitoring mechanism in order to avoid companies from becoming financially distressed. Prabowo and Simpson (2011) also find the share of independent directors on boards of family-controlled companies has an insignificant relationship with firm performance in Indonesian listed firms. Capezio et al. (2011) also find no support for the proposition that the proportion of non-executive directors on the board moderates the association between CEO pay and firm performance in such a way that the association is stronger where the proportion of non-executive directors is higher. On the other hand, Choi et al. (2007) find that outside directors have a significant and positive effect on firm performance among Korean firms. Oxelheim and Randoy (2003) posit that appointing independent Anglo-American directors who are experienced with the more demanding Anglo-American corporate governance system, is likely to signal to foreign investors a commitment to corporate transparency and thus help strengthen investor confidence and enhance the international orientation of the firm.

2.3 EMPIRICAL REVIEW OF BOARD STRUCTURE

It is important to note that board diversity does not mean “window dressing” purely for the benefit of compliance or placating stakeholders, but rather appointing persons to the board based on their merit and not their physical attributes like skin colour, gender or disability status. Reasons for appointing diverse boards can range from a moral obligation to both workers and stakeholders, access to specific markets e.g. be able to comply with standards set for government tenders, expectations from society that enterprises reflect the society in which they operate, or purely striving to find the people with the best fit with regard to experience, skills or knowledge to enable the enterprise to achieve its strategic goals (Van der Walt & Ingley, 2003). An expectation exists that diversity might alleviate insular decision-making on the board due to the wide spectrum of experience and expertise that a diverse board can offer an enterprise (Young & Thyl, 2008). Enterprises are increasingly being put under pressure by stakeholders to appoint board members with diverse ethnic backgrounds, expertise and gender for this reason.

Prior studies provide evidence on the role of board size in enhancing the monitoring of management. Monks and Minow (1995) and Lipton and Lorsch (1992) suggest that larger boards are able to commit more time and effort, and smaller boards are able to commit less time and effort, to overseeing management. Klein (2002) extends this argument by suggesting that board monitoring is positively associated with larger boards due to their ability to distribute the work load over a greater number of observers. The majority of the previous literature supports this argument, by 53 finding that larger boards are strongly associated with lower levels of earnings management (Peasnell et al., 2000a; Bedard et al., 2004; Xie et al., 2003; Yu, 2008). Yu (2008) find that small boards seem more prone to failure to detect earnings management. One interpretation of this effect is that smaller boards may be more likely to be “captured” by management or dominated by blockholders, while larger boards are more capable of monitoring the actions of top management (Zahra and Pearce, 1989).

Directors on boards that meet frequently are more likely to discharge their duties in accordance with shareholders’ interests because more time can be devoted to monitoring issues such as earnings management, conflicts of interest and monitoring management. Conversely, boards that rarely meet may have no time to find out about such complex issues and may perhaps have time only to rubberstamp management plans. Though there is extensive prior research on the independence and size of boards of directors, to the best of my knowledge there are few studies of the impact of board meeting frequency on earnings management. Xie et al. (2003) argue that a board that meets rarely may only have time for signing off management plans and listening to presentations; therefore, they may not have the time to focus 55 on issues such as earnings management. Xie et al. (2003), using a sample of 282 firm-year observations, find that earnings management is significantly negatively related to the number of board meetings.

The second study is conducted by Osma and Noguer (2007) and tests whether the existence of board monitoring committees constrains earnings manipulation for a Spanish sample of quoted companies during the period 1999–2001. Their final sample contains 155 firm-year observations and uses the Jones (1991) model and the marginal model (Peasnell et al. 2000a). They find that the independent nomination committee has a positive significant relationship with earnings management, contradicting agency theory predictions. However, they find that the significant positive relationship between board independence and earnings management is moderated by nomination committee independence.

Board size refers to the total number of BOD of an organization and it includes the CEO and Chairman. The board size also includes the number of outside directors, executive directors and NED (Bhagat and Black 2002). The directors are elected by the shareholders at the AGMs and they do retire depending on the Company’s Memorandum of Association. There is no

restriction on the number of board members stipulated under the OECD Code on Corporate Governance although the board is required to include a balance of executive and non-executive directors to avoid the board being dominated by one individual. However under the best practices in corporate governance (Finance Committee on Corporate Governance, 2000) it is recommended that every board examine its size so as to ensure optimum effectiveness.

Webb (2004) investigated responsible firms' board structures, and found that these firms tend to have a stronger representation of outsider and female directors on their boards. A study by Coffey and Wang (1998) provides more information about the direction of the relationship, as they demonstrated that boards with independent and female members are more likely to proactively enhance CR performance. In other words, responsible firms are not just likely to have more diverse boards, but the boards actually influence the level of CR activities. Coffey and Wang (1998) suggest that this is particularly related to the role that diverse board members take, as they argue that diverse boards are more effective in monitoring and limiting managerial opportunism that would have negative effects on corporate responsibility.

Larkin et al. (2012) also examined the relationship between female board members and companies' corporate responsibility performance. They looked into Fortune 500 companies, and found that as the number of women directors increased, the probability of a corporation appearing on a listing of responsible companies (e.g. Ethisphere Magazine's 'World's Most Ethical Companies' and Corporate Responsibility Magazine's '100 Best Corporate Citizens') increased. As these lists demonstrate the total score of corporate responsibility, the finding could be said to suggest that female board members positively affect a company's ability to improve their overall CR performance. Bernardi and Threadgill (2010) also studied a sample of Fortune 500 companies and demonstrated that gender diversity is directly related to the total social responsibility score of a company and various corporate responsibility measures.

2.4 KENYA FOOTBALL PREMIUM LEAGUE PERFORMANCE

Firm performance in the literature is based on the value of the firm. CG affects value as a result of reduced expropriation by insiders and improvement in the expected cash flow that can be distributed to investors (Black et al., 2006). To evaluate performance, it is necessary to determine the constituents of good performance using performance indicators. To be useful, a performance indicator must be measureable, relevant and important to the organization (Oakland 1989). Financial performance used in empirical research on CG fit into both accounting-based measures and market-based measures.

The measurement of sports performance depends on the competition and the perspective on which the study is focused. For instance, if the purpose of analysis is the effect of performance on the pitch on attendance, it will be more useful to make use of variables such as the 'percentage of victories' (Dawson et al., 2003), 'number of goals scored' (Palacios-Huerta, 2002), 'team's goal average weighted by relative quality of rival team' (Koning et al. 2001), 'score/goal difference', and even variables which incorporate the 'playing style' (Cocco and Jones, 1997). Koning (2003) worked on an evaluation of the effect of hiring coaches on team performance used 'average goal difference,' 'goals conceded,' and 'goals scored.' Goddard (2005) developed two approaches for studying forecast models: goals-based model and resultsbased model. The variables he considered are 'goals scored', 'goals conceded' and 'results', with a 'points score' of one point for a win, a half for a draw and zero for a defeat. This study will utilize three sports performance variables: league position variable, league points variable and compound index variable.

CONCEPTUALIZATION

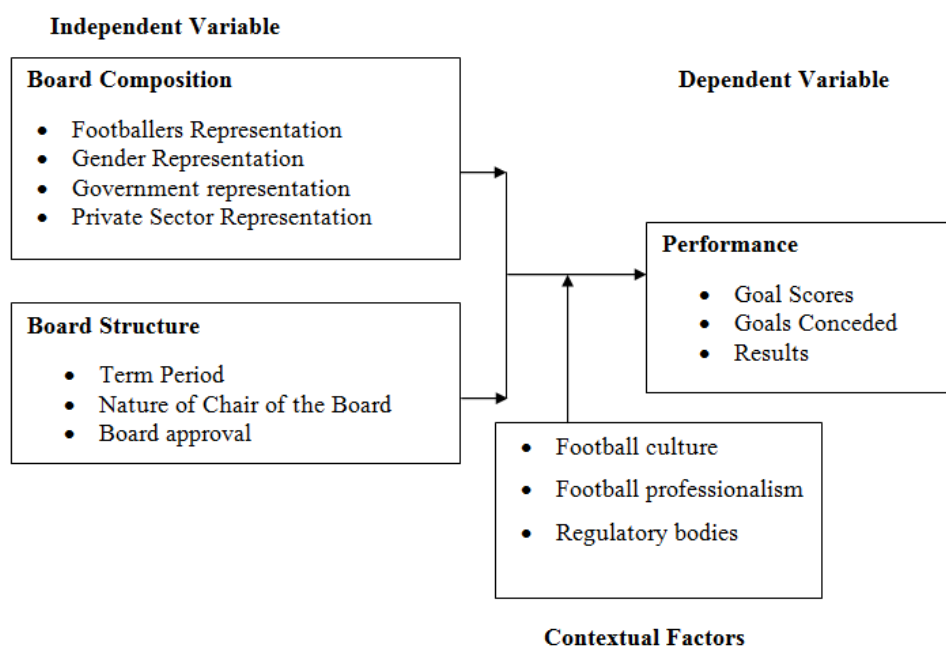


Figure 1: Effect of board composition and Structure on Football performance

3 METHODS

This study adopted descriptive research design. The target population of the study was the 6 office bearers and 3 employees in the 16 Kenya Premier League teams that comprise the following; Patron, Chairman, Vice Chairman, Secretary General, Treasurer and Organizing Secretary (club officials) and Chief Executive officer, finance officer and the coach (employees). The target population of the study was 96 officials and 48 employees in the in the 16 Kenya Premier League teams which was the 144 people.

Normally, it was preferable to collect data from all the 96 officials and 48 employees in Kenya Premium League. However, due to cost, time and logistics constraints, sampling was inevitable. The study used probability sampling random sampling technique to select the respondents.

Sample size formula was arrived at using the following formula

$$n = \frac{NC^2}{C^2 + (N - 1)e^2}$$

Where

n= Sample size

N= Population size.

C= coefficient of variation which is $21\% \leq CV \leq 30\%$

e= margin of error which is fixed between $2\% \leq e \leq 5\%$

The study sample was calculated at 25% coefficient of variation and 5% of margin of error (Nassiuma, 2000).Nassiuma formula is used to calculate the final sample size

$$n = \frac{NC^2}{C^2 + (N - 1)e^2}$$

$$n = \frac{144 \times 0.3^2}{0.3^2 + 143 \times 0.02^2} = \frac{12.96}{0.14472} = 88$$

The researcher therefore collected data from 59 officials and 29 employees in the 16 Kenya Premium League teams.

Allocation to the two strata is as follows $= \frac{n}{N} \times Ni$ where n = sample size, N = total population and Ni = population of strata

$$\begin{aligned}\text{Elected officials} &= \frac{n}{N} \times Ni \\ &= \frac{88}{144} \times 96 \\ &= 59\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Employees} &= \frac{88}{144} \times 48 \\ &= 29\end{aligned}$$

The total Sample (59 elected officials + 29 employees) was 88 samples.

Data was collected using both primary data collection tools. Structured questionnaires administered to the selected respondents was used to elicit information related to governance structure of the Clubs whereas both structured questionnaire and secondary data collection form was used to collect information related to Kenya Football Premium League Performance.

The analysis of the board composition and structure as corporate governance practices and Kenya Premium League performance was analyzed using Pearson Correlation.

To analyze the combined relationship between board composition and structure practices and Kenya Premium League performance, regression model below was used.

$$y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Where;

y = Kenya Premium League performance

α = constant

$\beta_1 \dots \dots \beta_{2d}$ = Parameter estimates

X_1 = Board Composition

X_2 = Board Structure

ε = the error of prediction.

4 RESULTS

4.1 DESCRIPTIVE STATISTICS ON CLUBS' BOARD COMPOSITION

The first objective of the study was to establish the effect of board composition on performance of Kenya Football Premium League. This section presents the analysis of the board composition of the clubs in Kenya Premier League. The key variables analyzed included; board composed of club members, wider representation, gender representation, government representation, age variability and board having the face of Kenya.

Table 1: Clubs Board Composition

Composition of the Board	SA (%)	A (%)	NS (%)	D (%)	SD (%)	χ^2	P-value
Board is composed of only footballers	13	20	13	45	10	80.3	.000
Board has wider representation	12	3	0	57	28	73.4	.000
Board has gender balance	9	9	4	54	24	37.7	.000
Government is represented in the board	4	4	0	60	32	26.5	.000
There is age variability in the board	1	4	0	67	28	103.7	.000
The board has the face of Kenya	5	12	12	56	15	48.3	.000

Source: Field Data (2016)

Table 2 presents the results of the analysis of Kenya Premium League Club's board composition. The study established that majority of respondent 65% disagreed that the board was only composed of footballer compared to 33% who agreed and 13% who were not sure. 85% of respondents disagreed that the club's board had wider representation compared 15% who agreed. Majority 78% agreed that board had gender representation compared to 18% who agreed and 4% who were not sure. Majority 92% disagreed that there was government representations in the board compared to 8% who agreed. Majority of respondents 95% disagreed that there was agreed variability in the board compared to 5% who agreed. Majority 71% agreed that the board had the face of Kenya in terms of representation compared to 17% who disagreed and 12% who were not sure. This finding is supported by Keys et al. (2003) found significant evidence of a positive relationship between board diversity, proxied by the percentage of women and/or minority races on boards of directors, and firm value, measured by Tobin's Q. Firms making commitment to increasing the number of women on boards also have more minorities on their boards and vice versa, and that the fraction of women and minority directors increases with firm size but decreases as the number of inside directors increases. The current poor performance of football among the teams in Kenya Premium League is due to poor board composition as the study has established.

Based on the finding, the boards lack diversity which leads to innovative ideas. This is supported by Knippenberg et al. (2004) and Schippers et al. (2003) who observes that diversity of group membership increases discussion, and enhances the exchange of ideas and group performance. In the context of the board of directors, diversity has been advocated as a means of improving organizational value and performance by providing the board with new insights and perspectives (Carter et al. 2003). Second, if the function of the board is to protect the interests of the corporation's stakeholders, then it stands to reason that the board should comprise members that are representative of these stakeholders (Huse & Rindova 2001).

This finding indicated that the Premium league Club's boards had other board members who were not necessarily footballers, which was a good idea in terms of bring into the clubs varied views that are meant to make the clubs perform well. In spite of board membership being drawn from members who were not necessarily footballers, the board lacked wider representation in terms of gender, institutional representation like the government, age variability making the board not to have the face of Kenya, that is most clubs were aligned to specific tribe or counties, the idea which was a replica of their respective boards.

4.2 DESCRIPTIVE ANALYSIS ON CLUBS' BOARD STRUCTURE

The second objective of the study was to establish the effect of board structure on Kenya Football Premium League performance of. The section presents the analysis of the board structure of the clubs in Kenya Premier League. The key variables analyzed included; office composition, term of the board, rotation, government approval and whether the structure worked well for the clubs.

Table 2: Clubs Board Structure

Board Structure	SA	A	NS	D	SD	X ²	P-value
Executive office	10	1	0	64	25	53.2	.000
Exe-officio member	3	10	2	45	40	73.4	.000
Fixed term	7	15	0	50	28	27.7	.000
Chairman post rotational	11	14	0	46	29	20.0	.000
Structure is approved	13	63	5	15	4	20.2	.000
Structure works well	1	18	0	52	29	23.3	.000

Source: Field Data (2016)

Table 3 presents the results of the analysis of Kenya Premium League Club's board structure. The study found out that majority of respondents 89% disagreed that the Clubs had executive officers running the daily affairs of the boards mandates compared to 19% who agreed. Majority of respondents 85% disagreed that the club boards had ex-official members compared to 13% who agreed and 2% who were not sure. Majority 78% disagreed that the clubs boards had fixed term compared to 22% who agreed. Majority of respondents 75% disagreed that the board chairman post was rotational compared to 25% who agreed. Majority 76% agreed that the board structure was approved by the government 19% who disagreed and 5% who were not sure. Majority of the respondents 81% disagreed that the board structure worked well for the organization compared to 19% who agreed.

The poor board structure also lead to poor performance and is supported by Young & Thyl, (2008) who found out that an expectation exists that diversity might alleviate insular decision-making on the board due to the wide spectrum of experience and expertise that a diverse board can offer an enterprise. Enterprises are increasingly being put under pressure by stakeholders to appoint board members with diverse ethnic backgrounds, expertise and gender for this reason.

The boards lacked independence because of poor structures as supported by McGee (2010) who observes that at least one-third of the board should be nonexecutive director, a majority of whom should be independent. Being independent in this case is they are not currently non-executive; they were not employee of the company in the past years; they do not have current business relationship with the company; they are not an immediate family of an executive officer of the firm and so on. Thus, being non-executive only is not independent enough. Company then should also disclose biographies of its board members and make a statement to define their independence.

The finding indicated that Clubs in Kenya Premier League had many challenges as far board structure was concern. Most clubs did not run by executive management which was meant to report to the board. Most activities of the clubs were being directly managed from the board violating the basic principles of corporate governance supported by agency theory. The board did not encourage appointing ex-officials who could handle issues of tribunal and that most board members did not have fixed term making some members feel they owned the clubs. The chairman post was also not rotational making some chairmen lifetime officials. Although the respondents did not agree on most items related to board structure, they agreed that the club's board had represents ions the Government of Kenya Ministry of sports. The board structure did not work well for the clubs in enhancing their performance.

4.3 EFFECTS OF BOARD COMPOSITION AND STRUCTURE ON PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT

The main objective of the study was to analyze the effects of board composition and structure on performance of soccer management in Kenya Premium League. The corporate governance practices analyzed in this study included; practices on clubs board composition and practices on board structure. In order to analyze how each of these corporate governance practices affected performance of soccer management in Kenya Premium League, Pearson correlation was used and in order to further analyze which corporate governance practice contributed more to the performance of soccer management in Kenya Premium League, regression analysis was used.

4.3.1 PEARSON CORRELATION BETWEEN CORPORATE GOVERNANCE PRACTICES AND PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT IN KENYA PREMIUM LEAGUE

Table 3: Correlation between Corporate Governance Practices and Performance of Soccer Management

Variable	Board Composition Practices	Board Structure Practices
Soccer Management Performance	.103	.151

Source: Field Data (2016)

The study established a weak positive correlation 0.103 for board composition practices with significance level $0.178 > 0.05$ and a weak positive correlation 0.151 for board structure practices with significance level $0.161 > 0.05$ indicating that Clubs in Kenya Premium League board composition and board structure had insignificant effect on Performance of Soccer Management.

4.3.2 REGRESSION ANALYSIS BETWEEN CORPORATE GOVERNANCE PRACTICES AND PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT

The results of the analysis are presented in Tables 7 and 8.

Table 4: Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.31	0.27	0.27	0.82

The R square value was 0.27, which indicated a low degree of correlation. The R^2 value indicates how much of the dependent variable, "Performance of Soccer Management", was explained by the independent variables, "board composition and board structure". In this case, 27% was the R Squared, which was fairly small indicating that the data collected was not closely fitted to the regression line. 27% of variation in performance is explained by all the independent variables (4) 73% of the variation is unexplained.

Table 4.12: ANOVA

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1.232	3	1.077	2.604	0.279
Residual	7.832	49	.405		
Total	9.064	52			

Predictors: board composition and board structure. The Dependable variable: Performance of Soccer Management. Table 7 indicated that the regression model did not predicted the outcome variable significantly with $p=0.279$, which was greater than 0.05, and indicated that; overall, the model did not predicted the outcome variable.

Table 5: Full Regression Model

Model	Unstd. Coef.	Std. Error	Std.Coef.	t	Sig.(P)	VIF
(Constant)	1.258	.578		2.177	.034	
Board Composition	.140	.097	.193	1.434	.070	1.87
Board Structure	.019	.122	.020	.156	.877	4.26

The first research question was stated as; does board composition affect performance of soccer management in Kenya Football Premium League? This was determined by; $Y = \alpha_1 + \beta_1 X_1 + e$, where Y was performance of soccer management, X_1 was the variable for board composition practice, and β_1 coefficient of correlation of affect board composition on performance of soccer management. The independent variables; reporting, board and leadership structures were held constant. Board composition practices contributed insignificantly to the performance of soccer management in Kenya Football Premium League this was because board composition practice had $P=0.070>0.05$ indicating that board composition practices did not affect the performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

The second research question was stated as; does board structure affect performance of Kenya Football Premium League? The independent variables; reporting, board composition and leadership structure were held constant. Board structure practice contributed insignificantly to the performance of soccer management this is because board structure practice had $P=0.877<0.05$ indicating that board structure practice did not the performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

From the unstandardized coefficients, the following equation was developed:

$$y = 1.258 + 0.140x_2 + 0.019x_3 + e$$

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The main aim of the study was to analyze the effects of board composition and structure corporate governance practices on performance of soccer management in Kenya Premium League. The first research question stated as does board composition affect performance of Kenya Football Premium League? The study established that board composition practices contributed insignificantly to the performance of soccer management in Kenya Football Premium League this was because board composition practice had $P=0.070>0.05$ indicating that board composition practices did not affect the performance of soccer management in Kenya Football Premium League. Further, the second research question stated as does board structure affect performance of Kenya Football Premium League? The study established that board structure practice contributed insignificantly to the performance of soccer management this is because board structure practice had $P=0.877<0.05$ indicating that board structure practice did not the performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

The study recommends that in order for the clubs to improve in their performance, their boards need to be well reconstituted based on sound representation as a corporate governance practices that will ensure gender, institutional, age

variability and having the face of Kenya. The study also recommends that the clubs through the ministry of sports should involve all the stakeholders in restructuring the club boards to make it effective, representational and abiding by corporate governance principals. The Ministry of Sports should also capacity build the clubs' board on effective corporate structure that can enhance the clubs performance. Secondly, the Ministry of Sports should ensure that the clubs improve their corporate reporting practices both internally between the board and their respective management teams and also externally between the board and the regulator, FKF, Registrar of Societies, Kenya Revenue Authority and accountability to the wide public. The Clubs in Kenya Premium League should be capacity built on effective human resource management which will enlighten them on competitive hiring, effective intrinsic and extrinsic motivation. They should also be trained on resource management and supervisory skills that will create lines of reporting and effective delegation while executing their activities.

REFERENCES

- [1] Arun, T.G and Turner, J. D. (2002). *Corporate Governance of Banking Institutions in Developing Economies: The Indian Experience*. Paper presented in the conference on „Finance and Development“ organized by IDPM, The University of Manchester. 23rd July, 2002.
- [2] Bernardi, R.; Threadgill, V. (2010) Women Directors and Corporate Social Responsibility. *Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*, 15(2), pp. 15-21.
- [3] Bhagat, S. B., & Black, B. (2008). The Promise and Peril of Corporate Governance Indices. *Columbia Law Review* 108(8): 1803 - 1882.
- [4] Black, B. S., Jang, H., & Kim, W. (2006). Does Corporate Governance Predict Firms' Market Values? *Journal of Law, Economics, and Organization*, Vol. 22.
- [5] Cadbury, A. (1992). *Codes of Best Practice, Report from the committee on Financial Aspects of Corporate Governance*. London, Gee Publishing.
- [6] Cadbury, A. (2002). *Overview of Corporate Governance: A Framework for Implementation*. The World Bank Group; Washington. D.C: V-VI.
- [7] Capezio, A., Shields, J. & O'Donnell, M. (2011). Too Good to be True: Board Structural Independence as a Moderator of CEO Pay-for-Firm Performance, *The Journal of Management Studies*, vol. 48, no. 3, pp. 487-513.
- [8] Choi, J. J., Park, S. W. & Yoo, S. S. (2007). The Value of Outside Directors: Evidence from Corporate Governance Reform in Korea, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 42, no. 4, pp. 941-962
- [9] Cocco, A., & Jones, J.C.H. (1997). On going south: the economics of survival and relocation of small market NHL franchises in Canada. *Applied Economics*, 29, 1537-1552.
- [10] Coleman, A. and Nicholas- Biekpe, N. (2006). Does Board and CEO Matter for Bank Performance? A Comparative Analysis of Banks in Ghana, *Journal of Business Management, University of Stellenbosch Business School (USB), Cape Town, South Africa* Vol.13, Pp.46- 59.
- [11] Denis K. Diane, (2001). Twenty-Five years of Corporate Governance Research and Counting. *Journal of Review of Financial Economics* Vol. 10, Page 191-212.
- [12] Donnelly, R & Mulcahy, M. (2008). Board Structure, Ownership, and Voluntary Disclosure in Ireland, *Corporate Governance: An International Review*, vol. 16, no. 5, pp. 416-29.
- [13] Fields, M. A. & Keys, P. Y. (2003). The Emergence of Corporate Governance from Wall St. to Main St.: Outside Directors, Board Diversity, Earnings Management, and Managerial Incentives to Bear Risk', *The Financial Review*, vol. 38, no. 1, pp. 1-24.
- [14] Goddard, J. (2005). Regression models for forecasting goals and match results in association football. *International Journal of Forecasting*, 21(2).
- [15] Hermalin, B. E. & Weisbach, M. S. (1996). The effects of board composition and direct incentives on firm performance, *Financial management*, Vol. 20, No. 4, pp. 101.
- [16] Jensen, M.C. & Meckling, H.W. (1976). Theory of the firm: Managerial Behaviour, agency cost and ownership structure, *Journal of Financial Economics*, 3, 305- 360.
- [17] Jones and Sharma, R. (2001). The Impact of Free Cash Flow, Financial Leverage and Accounting Regulation on Earnings Management in Australia's 'Old' and 'New' Economies. *Managerial Finance*, Vol. 27, No. 12: pp. 18-39.
- [18] Keys, P. Y., Turner, P. A. & Friday, S. S. (2002). Shareholder benefits of diversity. *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 33, pp. 375-400.
- [19] Koning, R. H. (2003). An econometric evaluation of the effect of firing a coach on team performance. *Applied Economics*, 35.
- [20] Larkin, M.; Bernardi, R.; Bosco, S. (2012) Board gender diversity, corporate reputation and market performance. *International Journal of Banking and Finance*, 9(1), pp. 1-26.

- [21] Lipton, M., and Lorsch, J.W. (1992). A Modest Proposal for Improved Corporate Governance. *Business Lawyer*, Vol. 1, No. 1: pp. 59–77.
- [22] McGee, R. W. (2010). *Corporate governance in developing economies: country studies of Africa, Asia and Latin America*. New York: Springer. Moffett, M. H., Stonehill, A. I., & Eiteman, D. K. (2006). *Fundamentals of multinational finance*. Boston: Addison-Wesley.
- [23] Mayer, C (1999). *Corporate Governance in the UK*. A Paper Presented at The Conference on Corporate Governance: A Comparative Perspective, held in University of Oxford on 16th October.
- [24] Monks, A., and Minow, N. (2004). *Corporate Governance*. 3rd Edition. Blackwell Publishing.
- [25] OECD, (1999). *OECD Principles of Corporate Governance*, Paris: OECD
- [26] OECD (2004). *OECD Principles of Corporate Governance*, Revised version, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- [27] Oxelheim, L. & Randoy, T. (2003). The impact of foreign board membership on firm value, *Journal of Banking & Finance*, vol. 27, no. 12, pp. 2369-2392.
- [28] Pati, A. P. (2005). Does Corporate Governance Matter in India Banking: Policy Implication on Performance? *Journal of Business and Management* 2278-487
- [29] Peasnell, K.V., Pope, P.F., and Young, S. (2000b). Detecting Earnings Management Using Cross-Section a Abnormal Accruals Models. *Accounting and Business Research*, Vol. 30: pp. 313-326.
- [30] Shleifer, A. & Vishny, R. W. (1997). A survey of corporate governance. *The Journal of Finance*, 52, 737-783.
- [31] Turnbull, N. (1999). Internal Control. Guidance for Directors on Combined Code. The Institute of Chartered Accountants in England and Wales
- [32] Webb, E. (2004) An Examination of Socially Responsible Firms' Board Structure. *Journal of Management and Governance*, 8(3), pp. 255-277.
- [33] Van der Walt, N. & Ingley, C., (2003). Board dynamics and the influence of professional background, gender and ethnic diversity of directors. *Corporate governance*, 11(3).
- [34] Xie, B., Davidson, W., and DaDalt, P. (2003). Earnings Management and Corporate Governance: The Roles of the Board and the Audit Committee. *Journal of Corporate Finance*, Vol. 9, No. 3: pp. 295-317.
- [35] Young, S. & Thyl, V., (2008). A holistic model of corporate governance: A new research framework. *Corporate Governance*, 8(1), pp. 94-108.
- [36] Yu, F. (2008). Corporate Governance and Earnings Management. *Journal of Financial Economics*, Vol. 88: pp. 245-271.
- [37] Zahra, S., and Pearce, J. (1989). Boards of Directors and Corporate Financial Performance: A Review and Integrative Model. *Journal of Management*, Vol. 15: pp. 291-334.

Effect of Corporate Reporting and Leadership on performance of Kenya Football Premium League

Paul Tuitoek¹, Simon Kipchumba², Joel Koima¹, and Benard Odera Asienyo³

¹Faculty of Commerce, Kabarak University, Kenya

²Department of Business Administration, Faculty of Commerce, Egerton University, Kenya

³Organizational Development and Project Management Consultant, Bistech Systems, Nakuru, Kenya

Copyright © 2017 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: Football is an “industry” and clubs “businesses” characterized by competition for resources. The opportunities presented by expanding markets and the challenges of an environment characterized by increasing competition require that clubs successfully position themselves to build sustainable, competitive advantage. The main aim of the study was to analyze the effects of corporate reporting and leadership structures on performance of soccer management in Kenya Premium League. The study adopted descriptive research design taking 96 elected officials and 48 employees giving a total of 144 target population who understood key issues of football governance as the target population of the study. The study used probability sampling random sampling technique to select the respondents. Data was collected using both primary data collection tools. Structured questionnaires administered to the selected respondents was used to elicit information related to governance structure of the Clubs whereas both structured questionnaire and secondary data collection form was used to collect information related to Kenya Football Premium League Performance. Although the boards had fair corporate reporting practices, their leadership practices were not to the standard of corporate governance practices characterized by most clubs aligned to specific tribe or counties, the idea which was a replica of their respective boards.

KEYWORDS: Corporate Governance, Football Performance, Corporate Structures, Corporate Leadership and Corporate Reporting

1 INTRODUCTION

Corporate Governance is the system by which companies are directed and controlled. It specifies the distribution of rights and responsibilities among different participants in the corporation, such as the board, managers, shareholders and other stakeholders, and spells out the rules and procedures for making decisions on corporate affairs. It also provides the structure through which company objectives are set and monitoring performance attained (OECD, 1999). A system of organization governance not only provide framework in which business organization are directed and controlled but helps to provide degree of confidence that is necessary for proper functioning of market economy (OECD, 2004).

The purpose of corporate reporting is disclosure of information useful to those stakeholders who have an active interest in the organization (Zairi & Letza 1994). It provides society-at-large with information about the extent to which the organization has met the responsibilities imposed upon it (Gary, Owen & Maunders 1991). An accountability model explained by Gary, Owen and Adams (1996) states that accountability involves responsibility to undertake certain actions and responsibility to provide an account of those actions, so that reporting is assumed to be responsibility-driven rather than demand-driven. Corporate reporting includes financial reporting and information beyond what regulations require companies to provide to their shareholders and other stakeholders (Eccles 2004).

On the other hand, An important mechanism of board structure is its leadership, which is reflected in the positions of chairman and CEO. Combined leadership structure occurs when the CEO wears two hats, one as the CEO and the other as the chairman. Cadbury (2002) refers to this as combined leadership. Alternatively, separate leadership is when two different people occupy the positions of chairman and CEO (Rechner & Dalton 1991).

1.1 STATEMENT OF THE PROBLEM

Since the inception of the Football Kenya Federation (FKF) and its leadership, the quality of soccer in Kenya continues to deteriorate. There have been continuous wrangles between the Football Clubs, FKF, the football governing body and the government. Football Clubs on the other hand have a share of their challenges with complaints of players not paid their stipends and poor conditions that discourage players. All these are issues to do with governance which affect football performance. The management of Football in Kenya has faced a myriad of challenges, which include constant leadership wrangles, poorly organized leagues, misused of funds at the federation, lack of sponsors among many challenges. Existing literature that documents how corporate reporting and leadership structure practices affect football performance by the Football Clubs and the Football governing body is scanty of which this study hopes to fill by analyzing the effects of corporate reporting and leadership structure practices on performance of soccer management in Kenya Premium League.`

1.2 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The present study will contribute to the existing body of knowledge concerning corporate governance practices and firm performance by analyzing the effect of corporate governance practices on performance of Kenya Football Premium League. First the findings from the study will be of great importance to FKF which is Football Governing Body in Kenya in informing exiting policy on how corporate reporting and leadership structure practices affect performance of Kenya Football Premium League. Secondly, the finding from the study will be of interest to scholars in corporate governance, sports and more especially football, advertisement and media on how corporate governance practices affect football performance. Third, football being a big entertainment and sports industry with wide patronage, the findings from the study will be of interest to football fans, football logistics companies, and football related equipment producers in understanding how Clubs and FKF board composition, board structure, existing reporting practices and corporate leadership structure affect performance of Kenya Football Premium League.

2 LITERATURE

2.1 INTRODUCTION TO CORPORATE GOVERNANCE

Corporate Governance is the system by which companies are directed and controlled. It specifies the distribution of rights and responsibilities among different participants in the corporation, such as the board, managers, shareholders and other stakeholders, and spells out the rules and procedures for making decisions on corporate affairs. It also provides the structure through which company objectives are set and monitoring performance attained (OECD, 1999). A system of organization governance not only provide framework in which business organization are directed and controlled but helps to provide degree of confidence that is necessary for proper functioning of market economy (OECD, 2004).

According to Denis (2001) the fundamental perception and understanding of the field of CG originated from the fact that there are potential problems associated with separation of ownership and control which was inherent in the modern corporate form of organization and as a result they viewed CG as a structure with a set of institutional and market mechanisms that induce self-interested managers to maximize the value of the residual cash-flow of the firm on behalf of its shareholders. Jensen and Meckling (1976) stated that the agency theory apply to modern corporation and they explained that a manager who owns anything less than 100 percent of the residual cash-flow rights of the firm will tend to have conflict of interest with outside shareholders.

Pati (2005) stated that the boards and managers are accountable for pursuing effective CG. The role of effective CG is of great significance for society as whole and it enhances the efficient use of scarce resources both within the organisation and larger economy, and therefore there is flow of resources to those sectors where there is efficient production of goods and services and the return is adequate to satisfy the demand of the stakeholders. It assists the managers to remain focused on enhancing performance and ensure they are replaced if they fail to perform. CG forces the organisation to comply with laws and regulations in the corporate environment, and helps the supervisors to regulate the economy objectively without favouritism and nepotism. Effective CG enhances the confidence of investors, which encourages them to invest in those economic systems which are doing well. It also decreases the risk of capital flight from an economy and increases the flow

and variety of capital in the economy and as a result, the cost of financing is lower therefore firms are encouraged to use resources more efficiently, thereby underpinning growth. CG has become such a prominent topic in the past two decades and it has attracted worldwide attention because of its apparent importance, particularly due to the much-unexpected collapse of giant corporations like Enron, and WorldCom (OECD, 2004).

The set of mechanisms guiding good CG decision making has been introduced in recent years through the enactment of governance codes throughout the world. The corporate financial scandals have made good CG an important tool for investors and other stakeholders. The scandals have resulted in countries introducing codes of good governance to complement their commercial codes or corporate laws and majority of the codes are voluntary. The principles formulated have provided a broad framework for a large number of countries to develop their own specific principles of corporate governance (Monks and Minow, 2002). The broad membership of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and the Commonwealth Association for Corporate Governance (CACG) organizations suggest that these principles reflect the views of a large number of countries with respect to addressing Corporate Governance (CG). The CG principles are minimum benchmarks against which member countries can compare their systems and carry out country specific initiatives (OECD, 1999).

Turnbull (1999) noted that although the principles are important, their limitations need to be recognized. She posits that these principles, which carry notions of codes of best practice, can be misleading. The codes tend to be portraying that they are ethically correct and righteous. She further points out that even if companies follow these principles, there is still no assurance to the shareholders that the business is either a good investment or ethical. Therefore these principles should be understood as minimum acceptable practices as this will alert investors to the possibility of superior governance standards.

Corporate governance is a uniquely complex and multi-faceted subject. Devoid of a unified or systematic theory, its paradigm, diagnosis and solutions lie in multidisciplinary fields i.e. economics, accountancy, finance among others (Cadbury, 2002). As such it is essential that a comprehensive framework be codified in the accounting framework of any organization. In any organization, corporate governance is one of the key factors that determine the health of the system and its ability to survive economic shocks. The health of the organization depends on the underlying soundness of its individual components and the connections between them. According to Morck, Shleifer and Vishny (1989), among the main factors that support the stability of any country's financial system include: good corporate governance; effective marketing discipline; strong prudential regulation and supervision; accurate and reliable accounting financial reporting systems; a sound disclosure regimes and an appropriate savings deposit protection system.

Corporate governance has been looked at and defined variedly by different scholars and practitioners. However they all have pointed to the same end, hence giving more of a consensus in the definition. Coleman and Nicholas-Biekpe (2006) defined corporate governance as the relationship of the enterprise to shareholders or in the wider sense as the relationship of the enterprise to society as a whole. However, Mayer (1999) offers a definition with a wider outlook and contends that it means the sum of the processes, structures and information used for directing and overseeing the management of an organization. The Organization for Economic Corporation and Development (1999) has also defined corporate governance as a system on the basis of which companies are directed and managed. It is upon this system that specifications are given for the division of competencies and responsibilities between the parties included (board of directors, the supervisory board, the management and shareholders) and formulate rules and procedures for adopting decisions on corporate matters.

In another perspective, Arun and Turner (2002) contend that there exists a narrow approach to corporate governance, which views the subject as the mechanism through which shareholders are assured that managers will act in their interests. However, Shleifer and Vishny (1997), Vives (2000) and Oman (2001) observed that there is a broader approach which views the subject as the methods by which suppliers of finance control managers in order to ensure that their capital cannot be expropriated and that they can earn a return on their investment. There is a consensus, however that the broader view of corporate governance should be adopted in the case of banking institutions because of the peculiar contractual form of banking which demands that corporate governance mechanisms for banks should encapsulate depositors as well as shareholders (Macey and O'Hara (2001). Arun and Turner (2002) supported the consensus by arguing that the special nature of banking requires not only a broader view of corporate governance, but also government intervention in order to restrain the behaviour of bank management. They further argued that, the unique nature of the banking firm, whether in the developed or developing world, requires that a broad view of corporate governance, which encapsulates both shareholders and depositors, be adopted for banks. They posit that, in particular, the nature of the banking firm is such that regulation is necessary to protect depositors as well as the overall financial system governments in their effort to evaluate and improve legal, institutional and regulatory framework for corporate governance in their countries. The above principles also provide guidance in developing good corporate governance for those interested. Even though cultural and institutional differences exist between countries, the underlying principles may allow a more fundamental compatibility.

2.2 EMPIRICAL REVIEW ON CORPORATE REPORTING PRACTICES

Corporate reporting is an important mechanism of corporate governance that represents board accountability. It is considered that the board of directors is accountable to shareholders and other stakeholders who are affected by the activities of the firm (Deegan 2004; Rezaee 2009). The purpose of corporate reporting is disclosure of information useful to those stakeholders who have an active interest in the organization (Zairi & Letza 1994). It provides society-at-large with information about the extent to which the organization has met the responsibilities imposed upon it (Gary, Owen & Maunders 1991). An accountability model explained by Gary, Owen and Adams (1996) states that accountability involves responsibility to undertake certain actions and responsibility to provide an account of those actions, so that reporting is assumed to be responsibility-driven rather than demand-driven. Corporate reporting includes financial reporting and information beyond what regulations require companies to provide to their shareholders and other stakeholders (Eccles 2004).

It is comprised of mandatory reporting required by regulations such as the Companies Act, accounting standards and stock exchange listing requirements and voluntary disclosures, which vary in the level of disclosure (Ghazali 2008). The governance role of accounting information contributes directly to economic performance by managing the resources of the firm efficiently and reducing the expropriation of the wealth of investors by managers. Therefore, financial accounting information is considered to reduce the risk premium demanded by investors to compensate for the risk of losses due to the opportunistic behaviour of managers (Bushman & Smith 2001).

Corporate reporting is not only financial reporting but information beyond that which is required by the regulation (Corporate Law and Accounting Standards), provided through the annual reports to their shareholders and other stakeholders (Eccles 2004). Corporate social accountability and reporting is information over and above that which is mandatory, and is seen as a key driver for engaging the wider community as an important stakeholder in business activities (Zairi & Peters 2002). In support of this view, other stakeholder theorists consider that a firm's responsibility is not only to its shareholders, but to all stakeholders whose contribution is necessary for its success (Balabanis, Philips & Lyall 1998).

Monitoring costs are expenditures paid by the principal to observe and control an agent's behaviour. The economic impact of asymmetric information also results in various corporate agency problems. Firm managers (insiders) know more about their firm than shareholders and debt financiers (outsiders). When outsiders are unable to judge over the firm's performance, they tend to qualify a firm's performance as moderate. A result of this asymmetric information is that shares of a firm with a great performance are undervalued and vice versa. More specifically, information asymmetries between shareholders or bondholders and corporate executive management creates the necessity of monitoring (costs) and complications for the structuring of financial contracts. They may include the costs of preparing reliable accounting information and audits, writing executive compensation contracts and even ultimately the cost of replacing managers.

Denis (2001) contended that effective monitoring is restricted to certain groups or individuals. Such monitors must have the necessary expertise and incentives to fully monitor manager. In addition, such monitors must provide a credible threat to management's control of the company. To minimize monitoring costs, managers tend to set up structures and try to act in shareholder's best interests. The costs of establishing and adhering to these systems are known as bonding costs. They may include the costs of additional information disclosures to shareholders. Agents will stop incurring bonding costs when the marginal reduction in monitoring equals the marginal increase in bonding costs. As suggested by the agency theory, the optimal bonding contract should aim to entice managers into making all decisions that are in the shareholder's best interests. However, since managers cannot be made to do everything that shareholders would wish, bonding provides a means of making managers do some of the things that shareholders would like by writing a less than perfect contract.

It has been predicted that corporate governance systems which promote corporate transparency and accountability are significantly associated with voluntary disclosures (Huafang & Jianguo 2007). Examination of the impact of board composition on corporate disclosures, as measured by the ratio of independent directors, is positively associated with mandatory disclosures (Chen & Jaggi 2000) and increases in the number of independent directors improves voluntary disclosures (Donnelly & Mulcahy 2008; Huafang & Jianguo 2007). Studies also report that combined leadership structure is associated with a lower level of voluntary disclosures (Gul & Leung 2004; Huafang & Jianguo 2007).

According to Lishenga (2012) boards normally increase the frequency of their meetings following poor performance and as a consequence of such an increase, the performance of firms improves as captured by the increase in the firms' value. Frequent meetings allow for better communication between management and directors. However, frequent meetings might also distract the firm's managers from their day-to-day operational responsibilities. Ongore and K'Obonyo (2011) considered the effects of ownership structures on performance of listed companies in Kenya. The period of study was only two years and only a single CG mechanism was considered.

2.3 EMPIRICAL REVIEW ON CORPORATE LEADERSHIP PRACTICES

According to Suryanarayana (2005), another advantage of the appointment of an independent chairman is that he/she brings experience in running similar businesses or handling the functions of finance, as well as the independence, objectivity and dispassionate views needed on crucial matters. A separation of the two roles seems to be a prudent and effective means of ensuring proper focus and also eliminating potential errors and conflict of interest that may arise as a result of combining the roles (Banks 2004).

According to Suryanarayana (2005), leadership is a matter of how the board functions, whether there is one person or two persons at the top. It is the efficacy of the other members of the board that determines if these two roles should be separated or combined. However, the post of chairman and CEO requires different skills and abilities, but both positions do require leadership skills. The chairman needs to have a strategic sense, the ability to analyse and understand and foresee changes in the business environment. In contrast, the CEO's role is to formulate and implement the strategy and also requires making right things happen at the right time, which is to run the company as it stands today, whereas the chairman's responsibility is to create tomorrow's company out of today's.

Stulz (1988) established that the cost of large shareholdings and entrenchment predicts a negative relationship between managerial ownership and firm value. As managerial ownership and control increase, the negative effect on firm value associated with the entrenchment of manager-owners starts to exceed the incentive benefits of managerial ownership. The entrenchment costs of manager ownership relate to a managers' ability to block value-enhancing takeovers. Claessens et al. (2002) also found that firm value increases with the cash-flow ownership (right to receive dividends) of the largest and controlling shareholder, consistent with "incentive" effects. But when the control rights (arising from pyramid structure, cross-holding and dual-class shares) of the controlling shareholder exceed its cash-flow rights, firm value falls, which is consistent with "entrenchment" effects. La Porta et al. (2002), using samples in 27 wealthy countries, found evidence in firms with higher cash flow ownership by controlling shareholder improves firm valuation, especially in countries with poor legal investor protection.

Financial economists have paid considerable attention to the role of boards in monitoring managers and in removing non-performing CEOs. Jensen (1993) voices his concern that a lack of independent board leadership makes it difficult for boards to respond to failure in the top management team. Fama and Jensen (1983) also argue that concentration of decision management and decision control in one individual reduces a board's effectiveness in monitoring top management.

Turning to Asian markets, Leung and Horwitz (2010) find Hong Kong firms with the positions of CEO and board chairperson were occupied by the same individual experienced a smaller stock price decline following the onset of the Asian Financial Crisis. Another study on Malaysian listed companies by Faisal and Azlinda (2011) reveals that CEO duality has significant influence in reducing the probability of companies becoming financially distressed. It suggests that a powerful CEO-Chairman helps in decision making as he/she can concentrate on the company's goals and objectives facilitating quick implementation of organization's operational decisions, thus able to perform effective business operational plans to prevent the company from suffering financial problems.

Faleye (2003) presents an interesting proposition. He argues that no "one hat fits all" and board leadership structure depends entirely on individual firm characteristics such as organizational complexity, availability of other controls over CEO authority and CEO reputation and power. Using a sample of 2,166 U.S. companies, he finds that companies with complex operations (implying a need for the CEO to make swift actions), alternative control mechanisms and sound CEO reputation are more likely to have CEO duality.

Rechner and Dalton (1991) found that firms with separate leadership structures outperformed joint structures when measured on return on equity, return on investment and profit margins, whereas Dalton et al. (1998) found no evidence of a relationship between leadership structure and financial performance. According to Abdullah (2004), board independence and combined leadership either singly or jointly are not related to performance.

Studies by Hillman and Dalziel (2003), Pfeffer and Salancik (1978) and Yoshikawa & McGuire (2008) report that the expertise and knowledge non-executive directors bring to the firm and the resource dependence role which allows them to provide advice and resources, help the firm to perform better. Peng (2004) also found that institutional outside directors impact positively on firm performance, which implies the effective resource role played by them. The results of the study by Haniffa and Hudaib (2006) indicated that the market measure of performance based on Tobin's Q or accounting measures of performance based on ROA and board composition were not significantly related to performance.

2.4 KENYA FOOTBALL PREMIUM LEAGUE PERFORMANCE

Firm performance in the literature is based on the value of the firm. CG affects value as a result of reduced expropriation by insiders and improvement in the expected cash flow that can be distributed to investors (Black et al., 2006). To evaluate performance, it is necessary to determine the constituents of good performance using performance indicators. To be useful, a performance indicator must be measureable, relevant and important to the organization (Oakland 1989). Financial performance used in empirical research on CG fit into both accounting-based measures and market-based measures.

The measurement of sports performance depends on the competition and the perspective on which the study is focused. For instance, if the purpose of analysis is the effect of performance on the pitch on attendance, it will be more useful to make use of variables such as the 'percentage of victories' (Dawson et al., 2003), 'number of goals scored' (Palacios-Huerta, 2002), 'team's goal average weighted by relative quality of rival team' (Koning et al. 2001), 'score/goal difference', and even variables which incorporate the 'playing style' (Cocco and Jones, 1997). Koning (2003) worked on an evaluation of the effect of hiring coaches on team performance used 'average goal difference,' 'goals conceded,' and 'goals scored.' Goddard (2005) developed two approaches for studying forecast models: goals-based model and resultsbased model. The variables he considered are 'goals scored', 'goals conceded' and 'results', with a 'points score' of one point for a win, a half for a draw and zero for a defeat. This study will utilize three sports performance variables: league position variable, league points variable and compound index variable.

The main aim of this study is analyze the effects of corporate reporting and leadership structure practices on performance of soccer management in Kenya premium league. The review considered theoretical review on theories surrounding corporate governance, principles in corporate governance and Kenya Football Premium League performance. The following are the literature gap that this review established; There is scanty literature on the application of sound corporate governance in the management of the Clubs in the Kenya Football Premium League performance; The literature reviewed indicates inadequacy of literature in terms of relationship between corporate governance reporting practices and performance of Kenya Football Premium League performance; The literature reviewed indicates inadequacy of literature in terms of relationship between corporate leadership structures and performance of Kenya Football Premium League performance.

CONCEPTUALIZATION

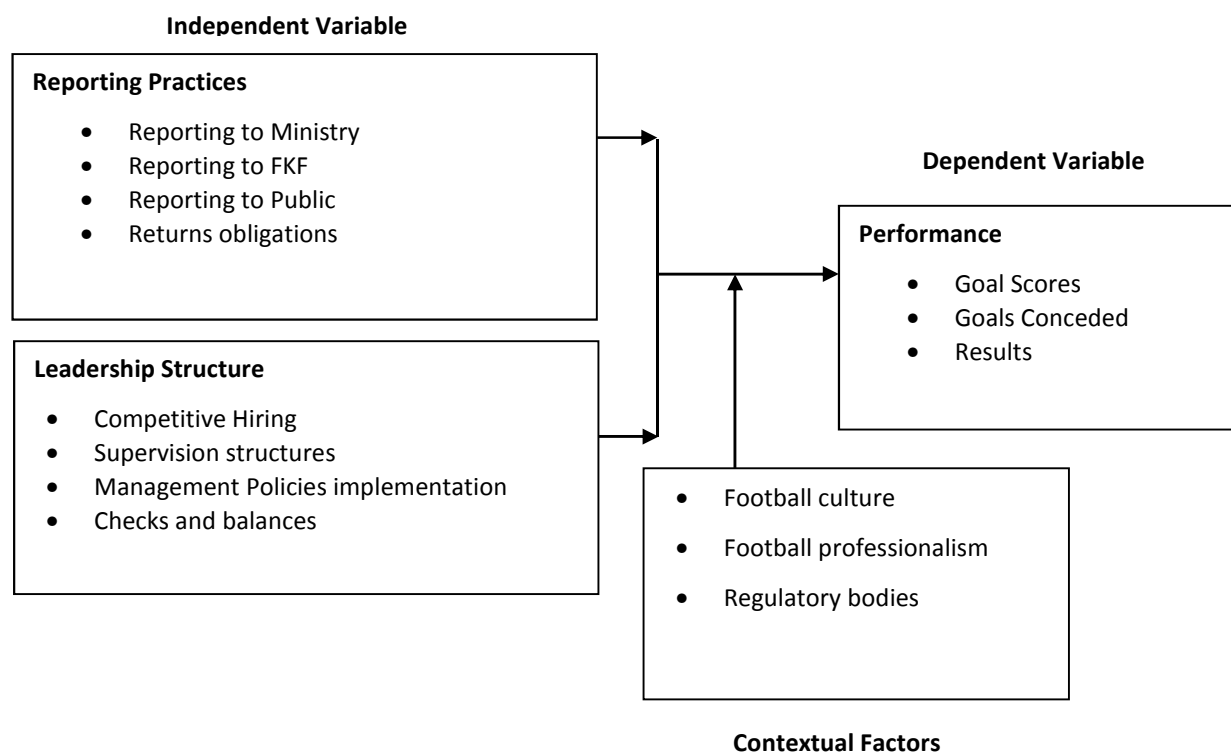


Figure 1: Effect of board composition and Structure on Football performance

3 METHODS

This study adopted descriptive research design. The target population of the study was the 6 office bearers and 3 employees in the 16 Kenya Premier League teams that comprise the following; Patron, Chairman, Vice Chairman, Secretary General, Treasurer and Organizing Secretary (club officials) and Chief Executive officer, finance officer and the coach (employees). The target population of the study was 96 officials and 48 employees in the 16 Kenya Premier League teams which was the 144 people.

Normally, it was preferable to collect data from all the 96 officials and 48 employees in Kenya Premium League. However, due to cost, time and logistics constraints, sampling was inevitable. The study used probability sampling random sampling technique to select the respondents.

Sample size formula was arrived at using the following formula

$$n = \frac{NC^2}{C^2 + (N - 1)e^2}$$

Where

n= Sample size

N= Population size.

C= coefficient of variation which is $21\% \leq CV \leq 30\%$

e= margin of error which is fixed between $2\% \leq e \leq 5\%$

The study sample was calculated at 25% coefficient of variation and 5% of margin of error (Nassiuma, 2000). Nassiuma formula is used to calculate the final sample size

$$n = \frac{NC^2}{C^2 + (N - 1)e^2}$$

$$n = \frac{144 \times 0.3^2}{0.3^2 + 143 \times 0.02^2}$$

$$n = \frac{12.96}{0.14472}$$

$$n = 88$$

The researcher therefore collected data from 59 officials and 29 employees in the 16 Kenya Premium League teams.

Allocation to the two strata is as follows $= \frac{n}{N} \times Ni$ where n= sample size, N= total population and Ni= population of strata

$$\text{Elected officials} = \frac{n}{N} \times Ni$$

$$= \frac{88}{144} \times 96$$

$$= 59$$

$$\text{Employees} = \frac{88}{144} \times 48$$

$$= 29$$

The total Sample (59 elected officials + 29 employees) was 88 samples.

Data was collected using both primary data collection tools. Structured questionnaires administered to the selected respondents was used to elicit information related to governance structure of the Clubs whereas both structured questionnaire and secondary data collection form was used to collect information related to Kenya Football Premium League Performance.

The analysis of the board composition and structure as corporate governance practices and Kenya Premium League performance was analyzed using Pearson Correlation.

To analyze the combined relationship between board composition and structure practices and Kenya Premium League performance, regression model below was used.

$$y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Where;

y = Kenya Premium League performance

α = constant

$\beta_1 \dots \beta_{2d}$ = Parameter estimates

X_1 = Corporate reporting

X_2 = Leadership Structure

ε = the error of prediction.

4 RESULTS

4.1 DESCRIPTIVE STATISTICS ON CORPORATE REPORTING PRACTICES

The third objective of the study was to find out the effect of corporate reporting practices on performance of Kenya Football Premium League. The key variables used to analyze corporate reporting practices included; reporting to relevant ministries and Federation of Kenya Footballers, boards accountability to the public, the management reporting to the board, the board filling society and tax returns as per the Law.

Table 1: Board Reporting Structure

Reporting Practices	SA	A	NS	D	SD	X^2	P-value
Reports to the Ministry	10	3	-	53	34	57.2	.000
Reports to FKF	3	10	2	44	41	83.6	.000
Accountable to the public	9	17	-	47	27	31.7	.000
Reports directly to the board	11	18	-	43	28	30.0	.000
Fills society returns	19	-	-	55	26	40.4	.000
Fill Tax returns	9	-	-	45	46	33.3	.000

Source: Field Data (2016)

The results of analysis of the board reporting structure was presented in table 4 above. Majority of respondents 87% disagreed that the boards of the football clubs in Kenya Premier league reported to the Ministry of Sports on issues of regulations compared to 23% who agreed. Majority of respondent 85% disagreed that the clubs reported to Federation of Kenya Footballers which is the national body of all the football clubs and also organizers of Kenya Premier League compared to 13% who agreed and 2% who were not aware. Majority 74% disagreed that the clubs were accountable to the public compared to 26% who agreed. Majority 71% disagreed that management of the clubs reported to their respective boards compared to 29% who agreed. Majority of respondents 81% disagreed that boards of their clubs filled company returns as per the Law compared to 19% who agreed. Majority 91% disagreed that their boards filled Tax returns according to the law compared to 9% who agreed.

The study established a poor reporting practice by the boards of the football clubs in the League as is supported by a number of scholars; Eccles (2004) Corporate reporting is not only financial reporting but information beyond that which is required by the regulation (Corporate Law and Accounting Standards), provided through the annual reports to their shareholders and other stakeholders. Corporate social accountability and reporting is information over and above that which is mandatory, and is seen as a key driver for engaging the wider community as an important stakeholder in business activities (Zairi & Peters 2002). In support of this view, other stakeholder theorists consider that a firm's responsibility is not only to its shareholders, but to all stakeholders whose contribution is necessary for its success (Balabanis, Philips & Lyall 1998).

This finding indicated that the boards of the clubs in Kenya Premium League had ineffective corporate reporting practices affecting the performance of the clubs. The boards did not report to the Ministry of Sports who is mandated to regulate sports policies in Kenya nor did they report to FKF which is their association umbrella body and also the organizers of Kenya Premium League and therefore were not accountable to the public. The poor reporting practices also affected the clubs internally with their management team also failing to report to the board complicating the issues of accountability further. The boards contravene the law by failing to fill annual society returns and also filling tax return which requires them to declare their income and pay taxes as is required by law.

4.2 DESCRIPTIVE ANALYSIS OF CLUBS' CORPORATE LEADERSHIP STRUCTURE

The fourth objective of the study was to find out the effect of corporate leadership structure on performance of Kenya Football Premium League. The corporate leadership structure variables analyzed in this section included; competitive hiring of the management, supervision, making sure that the management implements board's policies, board relationship with the management, resource availability for implementation of board's policies, remunerate and motivation of management.

4.3 DESCRIPTIVE ANALYSIS ON CORPORATE LEADERSHIP PRACTICES

Table 2: Board's Corporate Leadership Structure

Leadership structure	SA	A	NS	D	SD	X ²	P-value
Competitively hiring	1	10	-	64	25	80.2	.000
Supervise activities	3	10	2	44	41	73.4	.000
Implements of policies	8	17	-	48	27	30.8	.000
Relationship	13	16	-	43	28	20.5	.000
Required resources	11	18	-	43	28	20.0	.000
Remuneration	21	-	-	56	23	17.9	.000
Motivates of management	2	11	-	43	44	48	.000

Source: Field Data (2016)

Table 5 was used to present the results of the descriptive analysis of corporate leadership structure. The study established that majority of respondents 89% disagreed that the clubs' boards competitively hire the management compared to 11%. Majority of the respondents 85% disagreed that the clubs' board supervised activities of the management making the management unaccountable to the boards compared to 15% who agreed. Majority 75% disagreed that the management implemented board policies compared to 25% who agreed. Majority of respondents 71% disagreed that the board did not interfere with the management activities and provided all the required resources to the management compared agreed respectively. Majority of respondents 79% disagreed that the clubs' board properly remunerated the management compared to 21% who agreed and lastly, majority 77% disagreed that the board positively motivates the management compared to 23% who agreed.

The leadership structures in the clubs are poorly constituted leading to poor performance evident by conflicting roles and unaccounted for decisions as is supported by Monks & Minow (2004) who observes that separating the role is believed to lead to a more objective evaluation of the CEO, creating an environment of greater accountability. According to Suryanarayana (2005), another advantage of the appointment of an independent chairman is that he/she brings experience in running similar businesses or handling the functions of finance, as well as the independence, objectivity and dispassionate views needed on crucial matters. A separation of the two roles seems to be a prudent and effective means of ensuring proper focus and also eliminating potential errors and conflict of interest that may arise as a result of combining the roles (Banks 2004).

This finding is further supported by a number of Studies by Hillman and Dalziel (2003), Pfeffer and Salancik (1978) and Yoshikawa & McGuire (2008) report that the expertise and knowledge non-executive directors bring to the firm and the resource dependence role which allows them to provide advice and resources, help the firm to perform better. Peng (2004) also found that institutional outside directors impact positively on firm performance, which implies the effective resource role played by them. The results of the study by Haniffa and Hudaib (2006) indicated that the market measure of performance based on Tobin's Q or accounting measures of performance based on ROA and board composition were not significantly related to performance.

This finding indicated that the clubs in the Kenya Premium League failed to provide the required leadership in enhancing their performance evident by; their failure to establish competitive hiring of employees and subsequent supervision making the clubs to be run by unqualified and unsupervised employees who were unable to articulate and implement the boards' policies leading to poor performance. The boards also failed to properly remunerate and motivate their employees, the employees on the other hand were unable to perform their duties effectively due boards' interference and failure to provide the required resource for the smooth running of the clubs.

4.4 EFFECTS OF CORPORATE REPORTING AND LEADERSHIP STRUCTURE ON PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT

The main objective of the study was to analyze the effects of corporate reporting and leadership structure practices on performance of soccer management in Kenya Premium League. In order to analyze how each of these corporate governance practices affected performance of soccer management in Kenya Premium League, Pearson correlation was used and in order to further analyze which corporate governance practice contributed more to the performance of soccer management in Kenya Premium League, regression analysis was used.

4.4.1 PEARSON CORRELATION BETWEEN CORPORATE REPORTING AND LEADERSHIP PRACTICES AND PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT IN KENYA PREMIUM LEAGUE

Table 3: Correlation between Corporate Governance Practices and Performance of Soccer Management

Variable	Corporate Reporting Practices	leadership structure Practices
Soccer Management Performance	.350*	.106

Source: Field Data (2016)

The study established a strong positive correlation 0.350 with significance of $0.001 < 0.05$ between corporate reporting practices and Performance of Soccer Management indicating that Clubs in Kenya Premium League corporate reporting practices had positively effect on Performance of Soccer Management. Further finding indicated a weak positive correlation leadership structure practices with significance level $0.106 > 0.05$ with Performance of Soccer Management indicating that Clubs in Kenya Premium League board composition, board structure and leadership structure practices had insignificant effect on Performance of Soccer Management.

4.4.2 REGRESSION ANALYSIS BETWEEN CORPORATE GOVERNANCE PRACTICES AND PERFORMANCE OF SOCCER MANAGEMENT

The results of the analysis are presented in Tables 4 and 5.

Table 4: Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.31	0.27	0.27	0.82

The R square value was 0.27, which indicated a low degree of correlation. The R^2 value indicates how much of the dependent variable, "Performance of Soccer Management", was explained by the independent variables, "corporate reporting and leadership structure practices". In this case, 27% was the R Squared, which was fairly small indicating that the data collected was not closely fitted to the regression line. 27% of variation in performance is explained by all the independent variables (4) 73% of the variation is unexplained.

Table 5: ANOVA

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1.232	3	1.077	2.604	0.279
Residual	7.832	49	.405		
Total	9.064	52			

Predictors: corporate reporting and leadership structure practices. The Dependable variable: Performance of Soccer Management. Table 5 indicated that the regression model did not predicted the outcome variable significantly with $p=0.279$, which was greater than 0.05, and indicated that; overall, the model did not predicted the outcome variable.

Table 6: Full Regression Model

Model	Unstd. Coef.	Std. Error	Std.Coef.	t	Sig.(P)	VIF
(Constant)	1.258	.578		2.177	.034	
Reporting structure	.492	.141	.452	3.488	.000	1.14
Leadership structure	.017	.101	.018	.146	.916	5.19

The first research question was stated as; do corporate reporting practices affect performance of Kenya Football Premium League? The independent variables; board composition, board structure and leadership structure were held constant. Reporting structure practice contributed significantly to performance of soccer management this is because reporting structure had $P=0.000<0.05$ indicating that reporting structure practice affected performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

The second research question was stated as; does corporate leadership structure affect performance of Kenya Football Premium League? The independent variables; reporting, board composition and structure were held constant. Leadership structure practice contributed insignificantly to the performance of soccer management this is because board structure practice had $P=0.916>0.05$ indicating that leadership structure practice did not the performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

From the unstandardized coefficients, the following equation was developed:

$$y = 1.258 + 0.492x_1 + 0.017x_3 + \epsilon$$

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The main aim of the study was to analyze the effects of corporate reporting and leadership practices on performance of soccer management in Kenya Premium League.

The first research question stated as do corporate reporting practices affect performance of Kenya Football Premium League? The study established that reporting structure practice contributed significantly to performance of soccer management this is because reporting structure had $P=0.000<0.05$ indicating that reporting structure practice affected performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

The second research question stated as; does corporate leadership structure affect performance of Kenya Football Premium League? The study established that leadership structure practice contributed insignificantly to the performance of soccer management this is because board structure practice had $P=0.916<0.05$ indicating that leadership structure practice did not the performance of soccer management in Kenya Football Premium League.

REFERENCES

- [1] Arun, T.G and Turner, J. D. (2002). *Corporate Governance of Banking Institutions in Developing Economies: The Indian Experience*. Paper presented in the conference on „Finance and Development“ organized by IDPM, The University of Manchester. 23rd July, 2002.
- [2] Black, B. S., Jang, H., & Kim, W. (2006). Does Corporate Governance Predict Firms' Market Values? *Journal of Law, Economics, and Organization*, Vol. 22.
- [3] Bushman, RM & Smith, A.J. (2001). Financial Accounting Information and Corporate Governance, *Journal of Accounting and Economics*, vol. 32, pp. 237-333.
- [4] Cadbury, A. (1992). *Codes of Best Practice, Report from the committee on Financial Aspects of Corporate Governance*. London, Gee Publishing.
- [5] Cadbury, A. (2002). *Overview of Corporate Governance: A Framework for Implementation*. The World Bank Group; Washington. D.C: V-VI.
- [6] Chen, CJP & Jaggi, B. (2000). Association Between Independent Non-Executive Directors, Family Control and Financial Disclosures in Hong Kong, *Journal of Accounting and Public Policy*, vol. 19, pp. 285-310
- [7] Choi, J. J., Park, S. W. & Yoo, S. S. (2007). The Value of Outside Directors: Evidence from Corporate Governance Reform in Korea, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 42, no. 4, pp. 941-962
- [8] Cocco, A., & Jones, J.C.H. (1997). On going south: the economics of survival and relocation of small market NHL franchises in Canada. *Applied Economics*, 29, 1537-1552.

- [9] Coleman, A. and Nicholas- Biekpe, N. (2006). Does Board and CEO Matter for Bank Performance? A Comparative Analysis of Banks in Ghana, *Journal of Business Management, University of Stellenbosch Business School (USB), Cape Town, South Africa Vol.13, Pp.46- 59.*
- [10] Dawson, P., Dobson, S. & Gerrard, B. (2000). Estimating coaching efficiency in professional team sports: Evidence from English Association Football. *Scottish Journal of Political Economy, Vol. 47, No. 4, September.*
- [11] Deegan, C. (2004). Financial Accounting Theory, McGraw-Hill Australia Pty Ltd, NSW.
- [12] Denis K. Diane, (2001). Twenty-Five years of Corporate Governance Research and Counting. *Journal of Review of Financial Economics Vol. 10, Page 191-212.*
- [13] Donnelly, R & Mulcahy, M. (2008). Board Structure, Ownership, and Voluntary Disclosure in Ireland, *Corporate Governance: An International Review, vol. 16, no. 5, pp. 416-29.*
- [14] Faleye, O. (2003). *Does One Hat Fit All? The Case of Corporate Leadership Structure*, Working Paper, Northeastern University.
- [15] Fama, E.F. & Jensen, M.C. (1983). Separation of Ownership and Control, *Journal of Law and Economics, vol. 26, pp. 301-25.*
- [16] Ghazali, M.N. (2008). Voluntary Disclosure in Malaysian Corporate Annual Reports: Views of Stakeholders, *Corporate Social Responsibility Journal, vol. 4, no. 4, pp. 504-16*
- [17] Gray, R, Owen, D. & Adams, C. (1996). Accounting and Accountability; Changes and Challenges in Corporate Social Environmental Reporting, Prentice -Hall Europe Harlow.
- [18] Gul, FA & Tsui, JSL (2004). *Governance of East Asian Corporations: Post Financial Crisis*, Palgrave Macmillan, New York.
- [19] Haniffa, R. & Hudaib, M. (2006). Corporate Governance Structure and Performance of Malaysian Listed Companies, *Journal of Business Finance and Accounting, vol. 33, no. 7 & 8, pp. 1034-62.*
- [20] Hillman, A.J. & Dalziel, T. (2003). Boards of Directors and Firm Performance: Integrating Agency and Resource Dependence Perspectives, *Academy of Management Review, vol. 28, no. 3, pp. 383-96.*
- [21] Huafang, X & Jianguo, Y. (2007). Ownership Structure, Board Composition and Corporate Voluntary Disclosures, *Managerial Auditing Journal, vol. 22, no. 6, pp. 604-19.*
- [22] Jensen, M.C. & Meckling, H.W. (1976). Theory of the firm: Managerial Behaviour, agency cost and ownership structure, *Journal of Financial Economics, 3, 305- 360.*
- [23] Koning, R. H. (2003). An econometric evaluation of the effect of firing a coach on team performance. *Applied Economics, 35.*
- [24] Lishenga, J. (2012). Corporate governance reaction to declining firm performance: Evidence from NSE, *African Journal of Business Management Vol.1*
- [25] Mayer, C (1999). *Corporate Governance in the UK*. A Paper Presented at The Conference on Corporate Governance: A Comparative Perspective, held in University of Oxford on 16th October.
- [26] Monks, A., and Minow, N. (2004). *Corporate Governance*. 3rd Edition. Blackwell Publishing.
- [27] OECD, (1999). *OECD Principles of Corporate Governance*, Paris: OECD
- [28] OECD (2004). *OECD Principles of Corporate Governance*, Revised version, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- [29] Ongore, V. & Obonyo, P. (2011). Effects of selected Corporate Governance Characteristics on firm performance: Empirical Evidence from Kenya. *International Journal of Economics and Financial Issues, Econjournals, Vol. 1(3), pp 99-122*
- [30] Pati, A. P. (2005). Does Corporate Governance Matter in India Banking: Policy Implication on Performance? *Journal of Business and Management 2278-487*
- [31] Rechner, P. & Dalton, D. (1991). 'CEO Duality and Organisational Performance: Longitudinal study, *Strategic Management Journal, vol. 12, no. 155-160.*
- [32] Stulz, R., Karolyi, A. & Doidge, C. (2004). Why do countries matter so much for Corporate Governance? *Journal of Financial Economics, Vol. 86, 1-9.*
- [33] Suryanarayana, A. (ed.) (2005). *Corporate Governance: The Current Crisis and the Way Out*, ICFAI University Press, Hyderabad.
- [34] Turnbull, N. (1999). Internal Control. Guidance for Directors on Combined Code. The Institute of Chartered Accountants in England and Wales
- [35] Zahra, S., and Pearce, J. (1989). Boards of Directors and Corporate Financial Performance: A Review and Integrative Model. *Journal of Management, Vol. 15: pp. 291-334.*

Computación afectiva y análisis del comportamiento del consumidor

[Affective computing and analysis of consumer behavior]

Gary Reyes Zambrano¹ and Joffre Mateo Banchón²

¹Facultad de Ciencias Matemáticas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Ecuador

²Facultad de Ciencias Administrativas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Ecuador

Copyright © 2017 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: Affective computing and consumer behavior have evolved to give way to sentiment analysis either invasively or interactively. There are some tools that facilitate affective computing such as CRM and recommender systems. These are studied to analyze their objectives, applications and performance, without neglecting the evolutionary process that have suffered through the years. Also relevant is the direct impact of affective computing companies that use it, and the process that this implies. Its application to predict and give consumers new products is a reality in today's market, increasing company profits and enabling approach to the consumers never has seen before.

KEYWORDS: Affective computing; Consumer behavior; Recommender systems; Social CRM; Emotions.

RESUMEN: La computación afectiva y comportamiento del consumidor han evolucionado para poder dar paso al análisis de sentimientos ya sea de forma invasiva o interactiva. Existen algunas herramientas que facilitan la computación afectiva como es el caso de los sistemas CRM y Recomendadores. Estos son estudiados para analizar sus objetivos, aplicaciones y funcionamiento, sin dejar de lado el proceso evolutivo que han sufrido a través de los años. También es relevante el impacto directo de la computación afectiva en las empresas que la utilizan, así como el proceso que esta implica. Su aplicación para predecir y dar nuevos productos a los consumidores es una realidad en el mercado actual, aumentando las ganancias de las compañías y posibilitando un acercamiento al consumidor nunca antes visto.

PALABRAS-CLAVES: Computación afectiva; Comportamiento del consumidor; Sistemas recomendadores; Social CRM; Emociones.

1 INTRODUCCIÓN

Las teorías más recientes indican la influencia de las emociones en los mecanismos del pensamiento racional, ya que influyen en la percepción y en tareas diarias como el aprendizaje, la comunicación o la toma de decisiones. A pesar de que las emociones son una parte fundamental de la experiencia humana, desde el punto de vista tecnológico han sido ignoradas durante muchos años, lo que ha provocado frustración en muchas personas a la hora de utilizar la tecnología [1].

Actualmente científicos aseguran que en un futuro, los smartphones podrían llegar a entender a sus usuarios, filtrando noticias negativas tras detectar que están pasando por un mal momento o sugerir canciones o actividades en función del

estado de ánimo. El abanico de aplicaciones de esta tecnología en combinación con los avances en la biométrica es muy amplio y se están extendiendo a otras disciplinas como el marketing y la publicidad, por ejemplo, para evaluar el grado de satisfacción del consumidor ante un nuevo producto o servicio a partir de la interpretación de su comportamiento y sus gestos. Una información relevante que podría ayudar a medir con precisión el impacto económico que tendría el lanzamiento de un nuevo producto al mercado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 COMPUTACIÓN AFECTIVA

La Computación Afectiva es un área de investigación emergente cuyo objetivo es el desarrollo de dispositivos y sistemas capaces de reconocer, interpretar, procesar y/o simular las emociones humanas para mejorar la interacción entre el usuario y la computadora [1]. Es un campo interdisciplinario que abarca la ciencia, la psicología y la ciencia cognitiva de la computación [2].

Las tecnologías de computación afectiva perciben el estado emocional de un usuario (a través de sensores, un micrófono, cámaras y la lógica del software) y responden mediante funciones de servicios o productos predefinidas específicas, como, por ejemplo, cambiar un cuestionario o recomendar una serie de vídeos para que se ajusten al estado de ánimo del aprendiz [2]. Otra manera es simplemente preguntar al usuario de forma directa cómo se siente. También es posible hacerlo observando el lenguaje que utiliza o analizando información fisiológica: desde el ritmo cardíaco hasta el estado de sus pupilas, pasando por las diferentes expresiones faciales y hasta la entonación de la voz [3].

La computación afectiva y el análisis de sentimiento son la clave para el avance en muchos campos de la investigación. Existen hoy en día muchas aplicaciones utilizadas en diferentes escenarios que incluyen análisis de emociones y sentimientos. Además, tienen una gran potencia como subcomponentes tecnológicos para otros sistemas. Ellos pueden mejorar las capacidades de los sistemas de administración de las relaciones con los clientes y de recomendación. Como por ejemplo revelar de qué características de un artículo el cliente disfruta o excluir de las recomendaciones artículos con una retroalimentación negativa.

Los sistemas afectivos deben ser capaces de [1]:

- Capturar y reconocer los estados emocionales del usuario a través de mediciones sobre señales generadas en la cara, la voz, el cuerpo, o cualquier otro reflejo del proceso emocional que se esté llevando a cabo
- Procesar esa información clasificando, gestionando, y aprendiendo por medio de algoritmos que se encargan de recoger y comparar gran cantidad de casos, y que tienen en cuenta los estados emocionales del usuario y, en su caso, del ordenador,
- Generar las respuestas y las emociones correspondientes, que pueden expresarse a través de diferentes canales: colores, sonidos, robots, o personajes virtuales dotados de expresiones faciales, gestos, voz, etc.

2.2 COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR

El comportamiento del consumidor es el estudio del comportamiento que los consumidores muestran al buscar, comprar, utilizar, evaluar y desechar los productos y servicios que, consideran, satisfarán sus necesidades. El comportamiento del consumidor, como una disciplina del Marketing se enfoca en la forma que los individuos toman decisiones para gastar sus recursos disponibles (tiempo, dinero y esfuerzo) en artículos relacionados con el consumo [4].

2.3 SISTEMAS RECOMENDADORES

Los Sistemas Recomendadores (SR) surgen como respuesta a la existente sobrecarga de información. Son herramientas que generan recomendaciones sobre un determinado objeto a partir de las preferencias y opiniones dadas por los usuarios [5].

Estos forman parte de un sistema de filtrado de información, los cuales presentan distintos tipos de temas o ítems de información (películas, música, libros, noticias, imágenes, páginas web, etc.) que son del interés de un usuario en particular. Generalmente, un sistema recomendador compara el perfil del usuario con algunas características de referencia de los temas, y busca predecir el "ranking" o ponderación que el usuario le daría a un ítem que aún el sistema no ha considerado.

Estas características pueden basarse en la relación o acercamiento del usuario con el tema o en el ambiente social del mismo usuario [4].

Estos sistemas están dirigidos, en principio, a personas que carecen de la experiencia, la capacidad o el tiempo necesarios para evaluar la inmensa cantidad de tópicos que generalmente están a su disposición en un sitio Web y se basan en la premisa de que, habitualmente, la gente tiene en cuenta las recomendaciones provistas por otros para tomar decisiones rutinarias [6].

Los datos que utilizan los sistemas de recomendación pueden separarse en tres grupos: ítems, usuarios y transacciones [7].

- **Ítems:** son los elementos que se les recomienda a las personas. Puede tomar diferentes valores: positivo si resulta útil para el usuario o negativo si este considera que no fue una buena decisión. Además, poseen características que pueden indicar cuán necesario resultan para determinado individuo.
- **Usuarios:** son las personas a las cuales se les va a proveer recomendaciones. Estas pueden tener diversidad de preferencias cuando acceden a un software. Para poder ofrecer las recomendaciones adecuadas, el sistema debe buscar toda la información disponible acerca de dicho usuario, ya sea la que inicialmente se haya solicitado o la que se va recopilando a lo largo de la interacción de la persona con el sistema.
- **Transacciones:** así se le denomina a la interacción de los usuarios con el SR. De esta forma se puede almacenar información acerca de las preferencias de los usuarios sobre los ítems.

2.4 ADMINISTRACIÓN DE RELACIONES CON EL CLIENTE (CRM)

CRM es un término de la industria de la información que se aplica a metodologías, software y, en general, a las capacidades de Internet que ayudan a una empresa a gestionar las relaciones con sus clientes de una manera organizada. Un sistema CRM sirve para que todas las conversaciones de los clientes estén en una zona común, ya sean e-mails, reuniones o llamadas y así tener la información organizada.

La CRM consiste en [8]:

- Ayudar a una empresa a que sus departamentos de marketing puedan identificar y seleccionar a sus mejores clientes, gestionar campañas de marketing y generar oportunidades de calidad para el equipo de ventas.
- Ayudar a la organización a mejorar la “televenta” y la gestión de cuentas y ventas mediante la optimización de la información compartida por varios empleados y la racionalización de los procesos existentes (por ejemplo, tomar pedidos empleando dispositivos móviles).
- Permitir la formación de relaciones personalizadas con los clientes, con el objetivo de mejorar la satisfacción del cliente y maximizar los beneficios; identificar a los clientes más rentables y ofrecerles el más alto nivel de servicio.
- Proporcionar a los empleados la información y los procesos necesarios para conocer a los clientes, comprender e identificar las necesidades de éstos y forjar relaciones entre la empresa, su base de clientes y los socios de distribución.

Los beneficios del CRM no sólo se reflejan en la retención y la lealtad de los clientes, sino también en tener un marketing más efectivo, crear oportunidades inteligentes de posibles clientes y abrir la posibilidad a una rápida introducción de nuevos productos, marcas y servicios [9].

Es imprescindible que un sistema CRM cuente con las siguientes características [10]:

- Que sea personalizado, es decir, que la empresa lo adapte a sus necesidades para que su manejo sea más fácil y sencillo.
- Que sea adaptable. De esta manera podremos acceder a nuestro sistema de información más rápidamente y en cualquier lugar.
- Que sea rápido e intuitivo. Es importante que la interfaz sea intuitiva para trabajar con mayor fluidez.
- Que facilite la comunicación interna de la empresa. Todos los datos, movimientos y actividades quedarán registrados pudiendo acceder a ellos los empleados que tengan acceso.

3 DISCUSIÓN

3.1 LA COMPUTACIÓN AFECTIVA Y ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS EN SISTEMAS CRM Y RECOMENDADORES

La computación afectiva y el análisis de sentimiento son la clave para el avance en muchos campos de la investigación. Existen hoy en día muchas aplicaciones utilizadas en diferentes escenarios que incluyen análisis de emociones y sentimientos. Incluyendo una gran potencia como subcomponentes tecnológicos para otros sistemas. En sí, dichos componentes pueden mejorar las capacidades de los sistemas de administración de las relaciones con los clientes (CRM) y de recomendación. Como por ejemplo revelar qué características de un artículo el cliente disfruta o excluir de las recomendaciones artículos con una retroalimentación negativa.

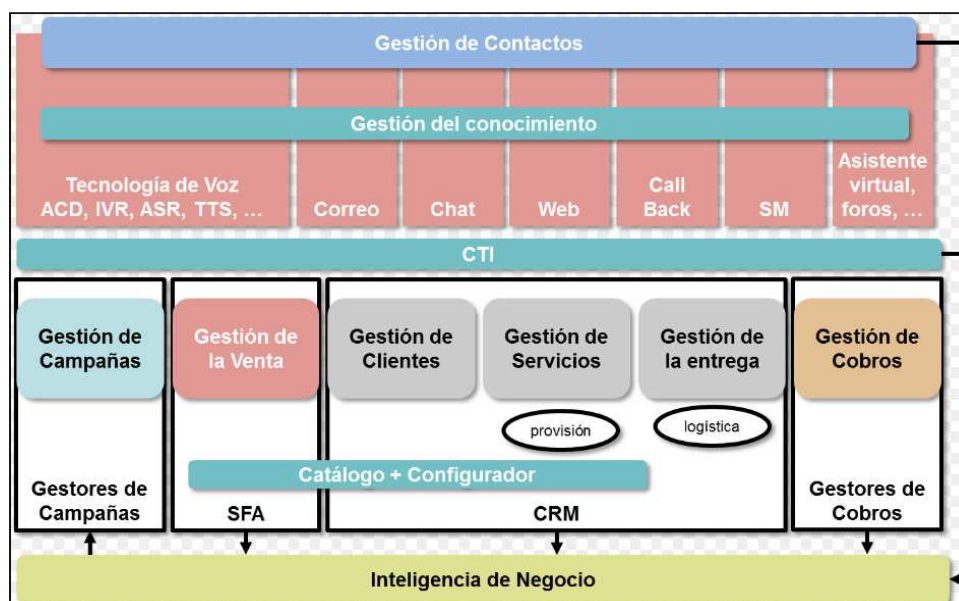


Fig. 1. Arquitectura de sistemas CRM

3.2 SISTEMAS CRM Y SU EVOLUCIÓN

Social CRM es una filosofía y una estrategia de negocios, apoyándose en una plataforma tecnológica, reglas de negocio, flujos de trabajo, procesos y características sociales, diseñado para involucrar al cliente en una conversación de colaboración con el fin de proporcionar un valor de beneficio mutuo en un ambiente de negocios confiable y transparente. Es la respuesta de la empresa a la propiedad del cliente sobre la conversación en las redes sociales.

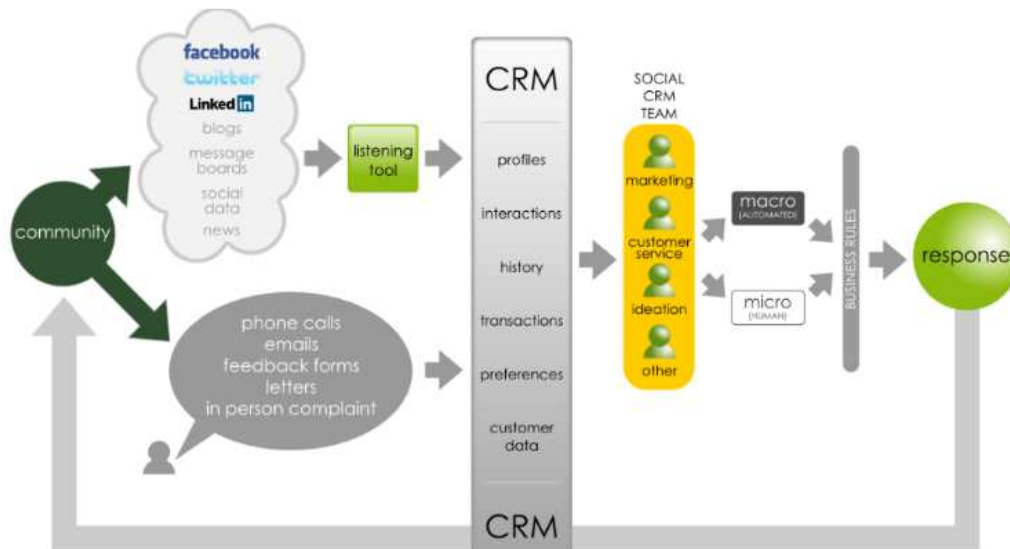


Fig. 2. Arquitectura de Social CRM



Fig. 3. Evolución de los Social CRM

Ejemplos de Social CRM, tanto positivos como negativos son:

- Después de que un banco introdujera una tarjeta de crédito, que fue diseñado para inspirar conexión emocional, el uso entre el segmento escogido aumentó en un 70% y nuevas cuentas crecieron en un 40%.
- Después de un año del lanzamiento de productos y mensajes para maximizar la conexión emocional, un limpiador del líder de los hogares volvió pérdidas de cuota de mercado en un crecimiento de dos dígitos.
- Un minorista de ropa a reorientó su comercialización y la experiencia del cliente a sus segmentos de clientes más conectados emocionalmente, el crecimiento de las ventas mismas tiendas se aceleró más del triple.

3.3 LA CIENCIA DE LAS EMOCIONES DEL CLIENTE

Una forma de observar la computación afectiva es la interacción entre los humanos y los ordenadores en que un dispositivo tiene la capacidad de detectar y responder adecuadamente a las emociones de su usuario y otros estímulos. Un dispositivo de computación con esta capacidad puede dar pistas de las emociones del usuario desde una variedad de orígenes. Los cambios de las expresiones faciales, las posturas, la pronunciación, la fuerza o el ritmo de las pulsaciones de las teclas y la temperatura de la mano en un ratón pueden significar cambios en el estado emocional del usuario y los puede

detectar e interpretar un ordenador. Una cámara incorporada captura imágenes del usuario y utiliza algoritmos para procesar los datos y ofrecer información significativa [4].

Las emociones influyen en todos los aspectos de la vida y son fundamentales a la hora de tomar decisiones, desde lo que una persona va a desayunar hasta con quién se va a casar o dónde quiere comprar una casa. Y, por supuesto, los vendedores saben el importante papel que juegan los sentimientos en la fidelidad hacia una marca y la decisión de compra [3].

Investigaciones a través de cientos de marcas en docenas de categorías muestra que es posible medir con rigor y estratégicamente orientar los sentimientos que impulsan el comportamiento de los clientes. Los llamamos "motivadores emocionales." Ellos proporcionan un mejor indicador del valor futuro de los clientes de una empresa que cualquier otra métrica, incluyendo la conciencia de marca y la satisfacción del cliente, y puede ser una nueva e importante fuente de crecimiento y rentabilidad.

A medida que los clientes se relacionan con una marca, se profundiza, se mueven a lo largo del camino hacia la conexión emocional completa. A pesar de que son más valiosos en cada paso, hay un aumento dramático al final, los clientes son totalmente conectados con un 52% más valioso, en promedio, que los que son simplemente satisfechos, como lo muestra la figura 4.

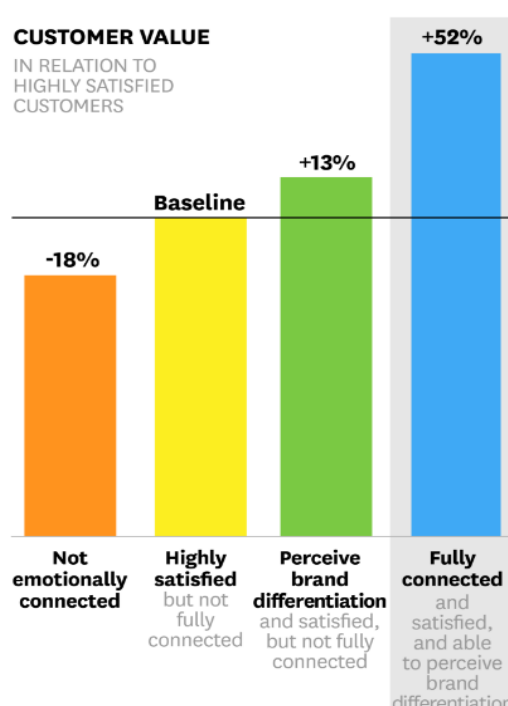


Fig. 4. Valoración del cliente en relación con la satisfacción

Las aplicaciones de esta tecnología son muy amplias en el campo del marketing. La agencia de investigación de mercado Ciencias Shopper la probó durante el 'Black Friday' estadounidense (Viernes Negro) para medir el seguimiento de las emociones en el momento de la compra. Pidieron a los participantes en las tiendas que llevaran una pulsera con el sensor y, a los internautas que accedían a través de la web, su permiso para que una cámara web registrara sus gestos durante la duración de la acción, en un esfuerzo por entender cómo las diferentes emociones pueden afectar al gasto. De ahí, se dedujo que ambos tenían niveles similares emoción y estrés, pero que aquellas personas que buscaron previamente los productos online antes de ir de tiendas se sentían menos nerviosas y más seguras y, sobre todo y muy importante, que gastaron un promedio de 400 dólares más [11].

Por otra parte, están las redes sociales, que en la actualidad constituyen un gran banco de información social. Millones de personas introducen información de sus vidas en cada una de ellas y la comparten con miles de usuarios. En esta se puede hallar gran cantidad de información referente a cualquier tema en particular que se desea conocer. De manera general este gran banco de información, que constituye las redes sociales, puede ser explotado con el objetivo de obtener información variada tanto del entorno como de los usuarios [12].

Entre las herramientas desarrolladas para la red social Twitter esta: ProEle. Dicha herramienta permitirá la conexión y extracción de la información contenida en los Tweets. Esta información es esencial pues constituye la entrada del proceso de análisis de sentimientos. De cada tweet analizado se extrae la llave del consumidor, el secreto del consumidos, el token de acceso y el secreto del token de acceso. Estos datos servirán como códigos de acceso asignados a la API para configurar los aplicativos y proceder a la extracción de la información requerida [12].

3.4 CASOS DE IMPLEMENTACIÓN

- Call Center: Reconocimiento de emociones al hablar. Decodificación de las emociones a partir del habla es complejo.
- Comunicación con el cliente: Datos de Retroalimentación en forma de expresiones faciales.
- Asesores de Contact Center: Identificar emociones de los asesores de un Contact Center.
- Análisis de Sentimientos: A través de Twitter.

3.5 DETECCIÓN DEL ESTADO EMOCIONAL

- Explícita: menos preciso, pero ayuda la interactividad con el cliente
- Implícito: más preciso, pero a la vez más intrusivo

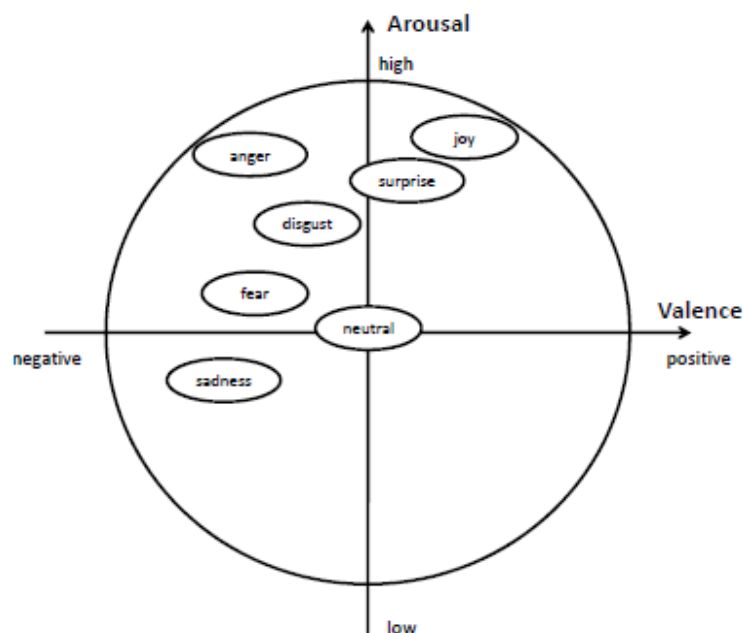


Fig. 5. Emociones básicas en el plano valor-excitación del modelo dimensional

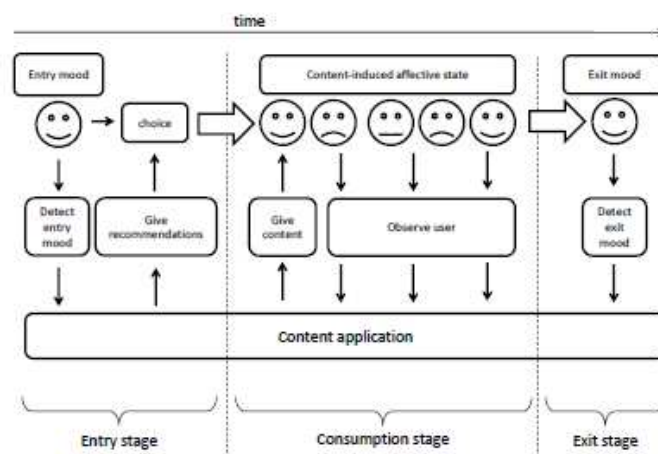


Fig. 6. Unificación del marco de trabajo: El rol de las emociones en las interacciones con un sistema recomendador.

4 DETECTANDO ESTADOS EMOCIONALES

4.1 ETAPA DE ENTRADA

Cuando un usuario comienza a utilizar un sistema recomendador, el usuario se encuentra con un estado emocional, el estado anímico inicial. Este estado es causado por una actividad previa, desconocida por el sistema.

Los procesos de decisión del usuario depende de dos tipos de procesos cognitivos, el racional y el intuitivo. En los sistemas tutoriales existe una fuerte relación entre el estado emocional actual y el aprendizaje del individuo.

4.2 ETAPA DE CONSUMO

En esta etapa se modela el contenido, puede ser imágenes, películas, músicas, etc.) con etiquetas que describen una emoción. Estas etiquetas deben describir emociones experimentadas por los usuarios que consumen estos contenidos.

4.3 ETAPA DE SALIDA

La principal diferencia entre la etapa de consumo y la etapa de salida, es que el estado emocional descrito permite influenciar las acciones siguientes del usuario, y como retroalimentación para otros usuarios que consumen el mismo contenido.

5 CONCLUSIÓN

La computación afectiva permite un cambio de paradigma, en donde los ordenadores y sistemas se adaptan a los humanos. Es decir, el objetivo irá cambiando, no será que el usuario entienda un sistema dado, sino que este sea capaz de entender a los usuarios y se adapte a los diferentes comportamientos, emociones y necesidades. Por lo tanto, esta permite:

- La adaptabilidad de los sistemas informáticos a los comportamientos, emociones y necesidades de los clientes.
- Enmarcar los productos en las necesidades de los clientes.
- Mejorar el alcance de las campañas de marketing.
- Mejorar las ganancias de las diferentes compañías al lograr una relación más fuerte con los clientes.
- Establecer estrategias a corto, mediano y largo plazo, basado en datos sobre las emociones de los usuarios.
- Orientar el comportamiento de los clientes usando motivadores emocionales.
- Mejorar la conciencia de los clientes en la marca, y la satisfacción de estos.
- Permiten humanizar la interacción del usuario con la tecnología.

REFERENCIAS

- [1] S. Baldasarri, «Computación Afectiva: tecnología y emociones para mejorar la experiencia de usuario».
- [2] A. Banafa, «¿Qué es la computación afectiva?» 2016. [En línea]. Available: ¿Qué es la computación afectiva - OpenMind.htm.
- [3] L. E. Asri, «Computación afectiva, la última frontera de la privacidad: ¿sabrán las máquinas lo que sentimos?» 2014. [En línea]. Available: http://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/Computacion_afectiva-emociones-privacidad_0_308669344.html.
- [4] L. Schiffman, «Consumer Behavior,» 2010.
- [5] A. M. Hernández, «Los Sistemas Recomendadores de recursos de información,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos104/sistemas-recomendadores-recursos-informacion/sistemas-recomendadores-recursos-informacion.shtml>.
- [6] E. A. Cingolani, «Evaluación de Sistemas Recomendadores de Contenidos Educativos a través de Estudios de Usuarios,» 2014.
- [7] A. y. P. Y. Santana, «Sistema de recomendación de objetos de aprendizaje en el Repositorio de Objetos de Aprendizaje RHODA,» 2013.
- [8] «CRM (Gestión de relaciones con los clientes),» 2006. [En línea]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/CRM-Gestion-de-relaciones-con-los-clientes>.
- [9] «ETL Soluciones Informáticas y de software SAS,» [En línea]. Available: etlsoluciones.com/index.php/informaticos/crm.
- [10] P. Casado, «Qué es Customer Relationship Management. Definición CRM.,» [En línea]. Available: <https://www.sumacrm.com/soporte/customer-relationship-management>.
- [11] I. Ferragud, «La computación afectiva y la codificación de la emociones,» 2012. [En línea]. Available: <http://blogthinkbig.com/la-computacion-afectiva-y-la-codificacion-de-la-emociones/>.
- [12] G. Reyes y A. a. T. J. Wellington, «Análisis de sentimientos usando el API de Twitter,» 2016.

PARAMETRES BIOCHIMIQUES SANGUINS ET BIOMETRIE DES ORGANES DES RATS SOUMIS AUX PAINS FORTIFIES AVEC LA FARINE DE GRAINES NON DELIPEEES DE *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées)

[Blood Biochemical Parameters and Biometry of organs In Rats Fed With Breads Fortified With the Flour of Non-Delipidated Seeds of *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae)]

Alassane MEITE¹, Théodor DALLY², Howélé OUATTARA³, Kouamé Guy Marcel BOUAFOU⁴, Koffi Gabouët KOUAME¹,
and Séraphin KATI-COULIBALY¹

¹Laboratoire Nutrition et Pharmacologie, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guedé, Daloa, Côte d'Ivoire

³UFR Sciences biologiques, Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

⁴Section Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure (ENS), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to determine the impact of fortification of wheat flour by the undefatted seed of *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae) on blood biochemical parameters and biometry of organs. Thirty (30) rats were fed for 14 days with six diets. A control casein diet (RTC), a classic bread diet (RPC) and four diets fortified bread (RPFnd) where wheat flour was substituted for the rate 5% (RPFnd5); 10% (RPFnd10); 15% (RPFnd15) and 20% (RPFnd20) by undefatted seed meal of *Citrullus lanatus*. After the experimental period, the animals were sacrificed and their blood is levied to assay metabolites. Their organs are also levied and weighed. The results indicate that glycaemia and uremia for the rat of RPFnd diet have undergone changes compared to those of rats fed by RTC and RPC diets. The fortification had no effect on other blood biochemical parameters. The animals of CBD diets had a ponderale increase kidney and stomach substitution rate of 15% and/or 20% compared to the rats of RTC diet. There was no change in other organs weight ($p \geq 0, 05$) for all diets. However the rats of diet RPFnd20 had got light-colored livers. Histological studies are, nevertheless required to see if these changes have pathological consequences of these organs.

KEYWORDS: blood biochemical parameters, biometry, organs, food fortification, wheat flour, *Citrullus lanatus*.

RESUME: Cette étude vise à déterminer l'impact de la fortification de la farine de blé par celle des graines non delipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées) sur les paramètres biochimiques sanguins et la biométrie des organes. Trente (30) rats, ont été nourris pendant 14 jours avec six régimes alimentaires. Un régime témoin caséine (RTC), un régime pain classique (RPC) et quatre régimes pains fortifiés (RPFnd) où la farine de blé est substituée aux taux de 5 % (RPFnd5); 10 % (RPFnd10); 15 % (RPFnd15) et 20 % (RPFnd20); par celle de farine de graines non delipidées de *Citrullus lanatus*. Après la période expérimentale, les animaux sont sacrifiés et leur sang est prélevé pour doser les métabolites. Leurs organes sont également prélevés et pesés. Les résultats indiquent que les glycémies et les urémies des rats des régimes RPFnd ont subi des variations par rapport à celles des rats des régimes RTC et RPC. La fortification n'a, par contre, pas eu d'effets sur les autres paramètres biochimiques sanguins. Les animaux des régimes RPFnd ont eu une augmentation pondérale des reins et d'estomac aux taux de substitution de 15 % et/ou 20 % par rapport à ceux des rats du régime RTC. Il n'y a pas eu de variation pondérale ($p \geq$

0,05) des autres organes pour tous les régimes étudiés. Cependant les rats du régime RPFnd20 ont eu des foies de couleur pâle. Des études histologiques sont, néanmoins, nécessaires pour savoir si toutes ces modifications ont des conséquences pathologiques sur ces organes.

MOTS-CLEFS: paramètres biochimiques sanguins, biométrie, organes, fortification alimentaire, farine de blé, *Citrullus lanatus*.

1 INTRODUCTION

L'étude de la valeur nutritionnelle des pains fortifiés avec la farine non delipidées des graines de *Citrullus lanatus* a révélé que non seulement les caractéristiques physico-chimiques ont été améliorées mais également les paramètres zootechniques des rats consommant ces aliments ([1], [2]). Néanmoins, de nos jours, des études complémentaires sont nécessaires pour s'assurer de l'innocuité de ces produits avant leur prescription aux enfants malnutris. L'étude des paramètres biochimiques sanguins et la biométrie des organes sont, en effet, des mesures d'exploration pour déceler des anomalies sur les organes intervenant dans le métabolisme nutritionnel ([3], [4]). C'est dans ce cadre que la présente étude a été entreprise.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL ANIMAL

Le matériel animal utilisé est constitué de 30 jeunes rats de souche *wistar* âgés de 45 à 65 jours et pesant en moyenne 63 ± 5 g. Ils sont issus de l'animalerie du Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie de l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

2.2 RÉGIMES ALIMENTAIRES

Six régimes alimentaires ont été préparés selon la fiche technique proposée par [5] avec des modifications:

- un régime de référence (RTC) à base de caséine, qui est utilisée comme une protéine de référence dans les études de nutrition tant humaine qu'animale;
- un régime contenant du pain fait avec 100 % de farine de blé (RPC);
- quatre régimes contenant des pains fortifiés RPFnd où la farine de blé est substituée, aux taux de 5 % (RPFd5), 10 % (RPFd10), 15 % (RPFd15) et 20 % (RPFd20), par celle de graines non delipidées de *Citrullus lanatus*.

Tous les régimes sont équilibrés en vitamines et en minéraux respectivement avec le mélange vitaminique U.A.R. 200 et le mélange minéral U.A.R. 205. L'ajustement de leurs contenus énergétiques a été obtenu au moyen d'huile de maïs et d'amidon de maïs "Maizena", issus du commerce. Du sucre a été utilisé afin de rendre les différents régimes attrayants.

2.3 ALIMENTATION DES ANIMAUX

Les rats, en raison de cinq par régime alimentaire, ont été répartis sur la base de leurs poids plus ou moins homogènes, dans des cages individuelles à métabolisme au cours de la période expérimentale. Cette dernière s'est opérée sur une période de 16 jours dont deux jours d'adaptation où les animaux ont été nourris avec les granulés (aliment standard) de la société FACI. Après les 14 jours d'alimentation avec les différents régimes, les animaux ont été sacrifiés pour le prélèvement du sang et des organes.

2.4 PRÉLÈVEMENT DU SANG ET DOSAGE DES MÉTABOLITES SANGUINS ET DES IONS

2.4.1 PRÉLÈVEMENT DU SANG

Les animaux ont été, à la fin de l'expérimentation animale, anesthésiés au chloroforme puis sacrifiés. Le sang a été prélevé dans des tubes secs immergés dans un bac à glace. Ce sang a, ensuite, subi une centrifugation à 3000 trs/min pendant trois minutes dans une centrifugeuse de type CWS 4236 (Italie) pour recueillir le sérum. Ce dernier a été prélevé

dans des tubes Eppendorfs et conservé dans une chambre froide à -20°C avant les analyses. Ces analyses ont été effectuées au Laboratoire de Biochimie médicale de l'UFR des Sciences Médicales de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan.

2.4.2 DOSAGE DES MÉTABOLITES SANGUINS ET DES IONS

Les dosages ont porté sur des métabolites comme le glucose, l'urée, la créatinine, le cholestérol total et les triglycérides ainsi que deux minéraux majeurs que sont le calcium et le phosphore. Les constantes biologiques ont été déterminées grâce à un analyseur automatique multiparamétrique HITACHI 902 ROCHE (Allemagne). Le dosage des différents éléments peut se faire de façon cinétique, colorimétrique ou en utilisant l'option photométrie de flamme.

2.5 PRÉLÈVEMENT DES ORGANES ET DÉTERMINATION DE LEURS PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES

2.5.1 PRÉLÈVEMENT DES ORGANES

Les animaux ont été, à la fin de l'expérimentation animale, anesthésiés au chloroforme puis sacrifiés. Le foie, les reins, la rate, l'estomac et une portion de l'iléon qui est une partie de l'intestin grêle, ont été rapidement prélevés puis pesés.

2.5.2 DÉTERMINATION DU POIDS RELATIF DES ORGANES

Le poids des organes a été exprimé en pourcentage du poids vif de l'animal obtenu pendant la dernière pesée. Le poids relatif des organes est déterminé par la formule suivante:

$$\text{Poids relatif de l'organe} = \frac{\text{poids de l'organe (g)}}{\text{poids vif final de l'animal (g)}} \times 100$$

2.6 ANALYSES STATISTIQUES

Les données, exprimées en moyenne $\pm$ écart-type, ont été analysées par analyse de variance (ANOVA) grâce au logiciel STATISTICA version 6.0.

L'analyse statistique des différences entre les moyennes a été faite grâce au Test de Newman-Keuls. Les différences ont été considérées comme significatives si $p \leq 0,05$.

3 RESULTATS

3.1 PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES SANGUINS

3.1.1 GLYCÉMIE

La glycémie moyenne des rats nourris avec le régime RTC est de $1,24 \pm 0,13$ g/l et est supérieure ($p \leq 0,05$) à celles obtenues sur les animaux nourris avec les régimes à base de pain. Les rats nourris avec les régimes RPC, RPFnd15 et RPFnd20 ont des glycémies respectives de $1,09 \pm 0,07$ g/l, $1,09 \pm 0,12$ g/l et $1,04 \pm 0,07$ g/l et ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre elles. Ces glycémies sont d'une part, inférieures à celle des rats soumis au régime RPFnd5 ($1,19 \pm 0,36$ g/l) et d'autre part supérieures à celle des rats soumis au régime RPFnd10 ($1,05 \pm 0,18$ g/l). **Tableau I)**

3.1.2 URÉMIE

Les urémies de $0,39 \pm 0,15$ g/l; $0,47 \pm 0,11$ g/l; $0,44 \pm 0,17$ g/l; $0,33 \pm 0,15$ g/l; $0,44 \pm 0,08$ g/l sont obtenues avec des rats nourris respectivement avec les régimes RTC, RPC RPFnd5, RPFnd10 et RPFnd15 ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre elles. Elles sont, par contre toutes inférieures ($p \leq 0,05$) à celle des rats nourris avec le régime RPFnd20 qui est de $0,51 \pm 0,07$ g/l. (**Tableau I)**

3.1.3 CRÉATININÉMIE

Les créatininémies des rats nourris avec les régimes RTC et RPC, qui sont respectivement de $0,82 \pm 0,27$ mg/l et de $0,85 \pm 0,31$ mg/l, ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) avec celles des rats nourris avec les régimes RPFnd qui vont de $0,78 \pm 0,21$ mg/l à $0,96 \pm 0,10$ mg/l. (Tableau I)

3.1.4 CHOLESTÉROLÉMIE

Les cholestérolémies des rats nourris avec les régimes RTC, RPC, RPFnd5, RPFnd10, RPFnd15 et RPFnd20 sont respectivement de $1,28 \pm 0,22$ g/l; $1,07 \pm 0,06$ g/l; $1,47 \pm 0,19$ g/l; $1,20 \pm 0,10$ g/l; $1,13 \pm 0,14$ g/l et $1,18 \pm 0,06$ g/l ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre elles. (Tableau I)

3.1.5 TRIGLYCÉRIDÉMIE

Les rats nourris avec le régime RTC ont une triglycéridémie de $0,81 \pm 0,65$ g/l et celle obtenue avec les rats soumis au régime RPC est $0,52 \pm 0,45$ g/l. Ces triglycéridémies ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) avec celles des rats nourris avec les régimes RPFnd qui varient de $0,39 \pm 0,10$ g/l à $0,98 \pm 1,28$ g/l. (Tableau I)

3.1.6 RAPPORT CALCÉMIE/PHOSPHORÉMIE

Les rapports calcémie/phosphorémie des rats nourris avec les régimes RTC et RPC sont respectivement, $1,71 \pm 0,86$ et $2,45 \pm 1,71$. Ces valeurs ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) avec celles obtenues chez les rats soumis aux régimes RPFnd ($1,59 \pm 0,46$ à $1,93 \pm 0,20$). (Tableau I)

Tableau I: Paramètres biochimiques sanguins¹ des rats soumis aux différents régimes alimentaires

Régimes alimentaires	Glycémie (g/l)	Urémie (g/l)	Créatininémie (mg/l)	Cholestérol total (g/l)	Triglycérides (g/l)	Calcium/Phosphore
RTC	$1,24 \pm 0,13^d$	$0,39 \pm 0,15^{ab}$	$0,82 \pm 0,27^a$	$1,22 \pm 0,22^a$	$0,81 \pm 0,65^a$	$1,71 \pm 0,86^a$
RPC	$1,09 \pm 0,07^b$	$0,47 \pm 0,11^{ab}$	$0,85 \pm 0,31^a$	$1,07 \pm 0,06^a$	$0,52 \pm 0,45^a$	$2,45 \pm 1,71^a$
RPFnd5	$1,19 \pm 0,36^c$	$0,44 \pm 0,17^{ab}$	$0,90 \pm 0,16^a$	$1,47 \pm 0,19^a$	$0,98 \pm 1,28^a$	$1,59 \pm 0,49^a$
RPFnd10	$1,05 \pm 0,18^a$	$0,33 \pm 0,15^{ab}$	$0,78 \pm 0,21^a$	$1,20 \pm 0,10^a$	$0,53 \pm 0,40^a$	$1,93 \pm 0,20^a$
RPFnd15	$1,09 \pm 0,12^b$	$0,44 \pm 0,08^{ab}$	$0,91 \pm 0,20^a$	$1,13 \pm 0,14^a$	$0,39 \pm 0,10^a$	$1,78 \pm 0,34^a$
RPFnd20	$1,04 \pm 0,07^b$	$0,51 \pm 0,07^b$	$0,96 \pm 0,10^a$	$1,18 \pm 0,06^a$	$0,40 \pm 0,11^a$	$1,72 \pm 0,11^a$

¹ Chaque valeur est la moyenne $\pm$ écart type de cinq rats.

^{a,b,c,d} Il n'y a aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre deux moyennes $\pm$ écart type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

RTC: un régime témoin de référence à base de caséine,

RPC: un régime contenant du pain classique fait avec 100 % de farine de blé

RPFd: régimes contenant des pains fortifiés où la farine de blé est substituée aux taux de 5 % (RPFnd5) ; 10 % (RPFnd10) ; 15 % (RPFnd15) et 20 % (RPFnd20) par celle de farine de graines non delipidées de *Citrullus lanatus*.

Le tableau I montre que les glycémies et les urémies des rats soumis aux régimes RPFnd ont subi des variations par rapport à celles des rats soumis aux régimes RTC et RPC. La fortification n'a, par contre, pas eu d'effet sur les autres paramètres biochimiques sanguins.

3.2 BIOMÉTRIE DES ORGANES

3.2.1 POIDS RELATIF DES REINS

Les poids relatifs des reins des rats nourris avec les régimes RTC, RPC, RPFnd5, RPFnd10 sont respectivement de $0,84 \pm 0,08$; $0,90 \pm 0,05$; $0,87 \pm 0,08$ et $0,83 \pm 0,18$. Ces poids relatifs ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre eux. Ils sont, par contre, significativement inférieurs ($p \leq 0,05$) à ceux des rats nourris avec les régimes RPFnd15 et RPFnd20 qui sont respectivement de $1,01 \pm 0,15$ et $1,11 \pm 0,14$. (Tableau II)

3.2.2 POIDS RELATIF D'ESTOMAC VIDE

Les rats nourris avec les régimes RTC et RPC ont des estomacs dont les poids relatifs sont, respectivement, de $0,99 \pm 0,10$ et $1,00 \pm 0,19$. Pour les rats soumis aux régimes RPFnd, les poids relatifs de l'estomac vide sont de $1,06 \pm 0,14$ pour le régime RPFnd5; $1,01 \pm 0,18$ pour le régime RPFnd10; $1,03 \pm 0,22$ pour le régime RPFnd15 et $1,29 \pm 0,11$ pour le régime RPFnd20. tous les poids relatifs ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre eux mais sont tous inférieurs ($p \leq 0,05$) à celui des rats soumis au régime RPFnd20. qui est de $1,29 \pm 0,11$. (Tableau II)

3.2.3 POIDS RELATIF DU FOIE

Les poids relatifs du foie des rats nourris avec les régimes RTC et RPC sont respectivement de $4,44 \pm 0,71$ et $4,84 \pm 0,49$. L'analyse statistique montre que ces poids relatifs de foie ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$) avec ceux des rats nourris avec les régimes RPFnd qui vont de $4,42 \pm 0,25$ à $5,19 \pm 0,57$

Néanmoins, les animaux nourris avec le régime RPFnd20 ont des foies de couleur pâle par rapport à ceux des animaux nourris avec les régimes RTC et RPC. (Tableau II)

3.2.4 POIDS RELATIF DE LA RATE

Les poids relatifs de la rate des rats nourris avec les régimes RTC, RPC et RPFnd varient de $0,24 \pm 0,06$ à $0,45 \pm 0,21$ et ne présente aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre eux. (Tableau II)

3.2.5 POIDS RELATIF DE L'ILÉON

Les rats nourris avec les régimes RTC, RPC et RPFnd ont des poids relatifs de l'iléon allant de $0,32 \pm 0,07$ à $0,46 \pm 0,07$. Il n'y a aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre tous ces poids. (Tableau II)

Tableau II: Poids relatifs des organes ¹ des rats soumis aux différents régimes alimentaires

Régimes alimentaires	Reins	Estomac vide	Foie	Rate	Iléon
RTC	$0,84 \pm 0,08^{ab}$	$0,99 \pm 0,10^a$	$4,44 \pm 0,71^a$	$0,26 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,12^a$
RPC	$0,90 \pm 0,05^{ab}$	$1,00 \pm 0,19^a$	$4,84 \pm 0,49^a$	$0,39 \pm 0,11^a$	$0,41 \pm 0,05^a$
RPFnd5	$0,87 \pm 0,08^{ab}$	$1,06 \pm 0,14^a$	$4,94 \pm 0,50^a$	$0,24 \pm 0,06^a$	$0,42 \pm 0,06^a$
RPFnd10	$0,83 \pm 0,18^{ab}$	$1,01 \pm 0,18^a$	$5,19 \pm 0,59^a$	$0,33 \pm 0,06^a$	$0,39 \pm 0,07^a$
RPFnd15	$1,01 \pm 0,15^{bc}$	$1,03 \pm 0,22^a$	$4,50 \pm 0,88^a$	$0,32 \pm 0,11^a$	$0,40 \pm 0,04^a$
RPFnd20	$1,11 \pm 0,14^c$	$1,29 \pm 0,11^b$	$4,42 \pm 0,25^a$	$0,45 \pm 0,21^a$	$0,46 \pm 0,07^a$

¹ Chaque valeur est la moyenne $\pm$ écart type de cinq rats.

^a, Il n'y a aucune différence significative ($p \geq 0,05$) entre deux moyennes $\pm$ écart type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

RTC: un régime témoin de référence à base de caséine,

RPC: un régime contenant du pain classique fait avec 100 % de farine de blé

RPFd: régimes contenant des pains fortifiés où la farine de blé est substituée aux taux de 5 % (RPFd5) ; 10 % (RPFd10) ; 15 % (RPFd15) et 20 % (RPFd20) par celle de farine de graines delipidées de *Citrullus lanatus*.

Le tableau II montre que les animaux soumis aux régimes RPFnd ont eu une augmentation des poids relatifs des reins aux taux de substitution de 15 % et 20 % et d'estomac au taux de substitution de 20 % par rapport à ceux des rats du régime RTC et des autres régimes à base de pains. Il n'y a pas eu de variations pondérales ($p \geq 0,05$) pour les autres organes pour tous les régimes étudiés. Cependant les rats du régime RPFnd20 ont eu des foies de couleur pâle

4 DISCUSSION

Les rats nourris avec les régimes RPFnd15 et RPFnd20 ont des poids relatifs de reins supérieurs à ceux des rats nourris avec les régimes RTC, RPC, RPFnd5 et RPFnd10 qui ne présentent aucune différence significative entre eux. La plus forte croissance est obtenue avec les reins des rats soumis au régime RPFnd20 qui présentent un taux de croissance de 32,14 % et 23,3 % par rapport respectivement à ceux des rats nourris avec les régimes RTC et RPC. Des observations comparables ont été rapportées par [6] qui indique que des rats nourris avec des régimes contenant des mélanges de farines de manioc avec du soja ont des reins ayant des poids supérieurs à ceux des rats nourris avec le régime caséine.

Cette augmentation pondérale rénale peut être attribuée à un surcroît d'activité imposée par des substances difficilement métabolisables ou par la nécessité de la sécrétion, la filtration et l'excrétion d'un excès de déchets du métabolisme [3] mais également à la richesse des régimes en lipides. En effet, suite à un régime alimentaire trop gras, une couche de tissu adipeux se forme et recouvre le rein. Le poids du rein augmente sans que l'organe ne soit hypertrophié. Par conséquent, une augmentation de poids au niveau d'organe ne résulte pas toujours d'une augmentation de poids au niveau des viscères.

L'augmentation de l'urémie avec les animaux soumis au régime RPFnd20 par rapport à celles des rats soumis aux régimes RTC et RPC, pourrait attester une anomalie dans la physiologie rénale de ces animaux. Le fait qu'il n'y ait pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les créatininémies des rats, nourris avec les régimes RTC et RPC et celles des rats soumis aux régimes RPFnd, attesterait d'un bon fonctionnement rénal, chez ces animaux soumis à ces régimes tests [7]. Cette apparente contradiction pourrait s'expliquer par le fait que le taux sanguin d'urée peut être influencé par des facteurs extra-rénaux alors que la production de la créatinine sanguine est relativement constante chez un individu et ne dépend que de sa masse musculaire ([4], [8], [9]). Le taux sanguin de la créatinine est donc un meilleur marqueur de la fonction rénale. L'histologie de ces organes pourrait confirmer l'une des deux hypothèses.

Le régime RPFnd20 a également provoqué une augmentation pondérale de l'estomac des animaux qui l'ont consommé. Le pourcentage d'augmentation est de 30,30 % et 29,00 % par rapport, respectivement, aux poids relatifs d'estomac vide des animaux nourris avec les régimes RTC et RPC. Ces résultats sont à mettre en parallèle avec ceux de [10] qui ont montré que des rats nourris avec des régimes, ayant des taux élevés de farines de criquets comme seule source de protéine, ont eu de la diarrhée et leurs estomacs et colons ont connu une augmentation pondérale.

Il est apparu, en revanche, que les régimes expérimentaux RPFnd n'ont pas fait subir aux autres organes que sont le foie, la rate et l'iléon, des variations pondérales significatives. Cependant, les foies des rats nourris avec le régime RPFnd20 avait une coloration différente (pâle) des autres. Le changement de coloration du foie des rats nourris avec le régime pain fortifié, contenant la plus grande proportion de farines de graines de *Citrullus lanatus* non délipidées, peut être attribué à des facteurs hépatotoxiques, primaire ou secondaire non identifiés, associés à ce régime ou à sa richesse en lipides. La référence [11] indique, en effet, que les rats nourris avec un régime riche en lipides avaient eu des foies d'une couleur jaune dorée. Il est possible que le catabolisme normal des lipides du foie puisse être perturbé chez les animaux nourris avec un aliment riche en lipides avec comme conséquence l'accumulation de lipides dans le foie [11]. L'excès de graisse non éliminé peut être considéré comme une perturbation qui nécessite une forte sécrétion de bile. La suractivité de la vésicule biliaire peut entraîner une pathologie [12] telle que l'hépatite.

Les cholestérolémies enregistrées avec les animaux nourris avec les régimes RPFnd sont supérieures à celles des rats soumis aux régimes à base de pains fortifiés avec les farines delipidées de graines de *Citrullus lanatus* [13]. Ces observations seraient, en partie, dues à la composition des régimes alimentaires, en particulier à leurs teneurs en lipides et à leurs compositions en acides gras. L'inclusion d'acides gras saturés dans l'alimentation est, en effet, à l'origine d'une hypercholestérolémie chez le rat ([14], [15]). Dans ces conditions, les valeurs obtenues chez les animaux recevant les régimes pains fortifiés, contenant des farines de graines de *Citrullus lanatus* non délipidées (RPFnd), pourraient s'expliquer par leur plus forte teneur en lipides que les régimes contenant les farines de graines delipidées de *Citrullus lanatus*.

Cependant, les cholestérolémies enregistrées avec ces régimes RPFnd étant voisines de celles des régimes RTC et RPC suggérerait que ces régimes n'entraînent pas de perturbations majeures du métabolisme du cholestérol [16].

Les régimes examinés dans cette étude n'ont pas entraîné de variations significatives des triglycéridémies. Des observations comparables ont été obtenues par [6] et [17] et les valeurs qu'ils ont rapportées sont comparables à celles qui ont été obtenues dans cette étude. Ces observations sur la triglycéridémie viennent appuyer celles qui ont été mentionnées sur la cholestérolémie, pour confirmer l'absence d'impact négatif des régimes étudiés sur le métabolisme des lipides.

Aucune différence significative n'a été signalée entre les rapports Ca/P des rats nourris avec les régimes RTC et RPC et ceux des rats soumis aux régimes RPFnd. Les rapports obtenus qui sont proches de 2, sont la preuve d'un bon métabolisme de ces deux minéraux par les hormones des parathyroïdes (parathormone et calcitonine) et d'un bon contrôle de leur concentration plasmatique par les néphrons des reins ([16], [18]).

Des variations significatives des glycémies des rats, soumis aux différents régimes alimentaires étudiés, ont été observées. Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que la réaction glycémique peut être influencée par de nombreux facteurs tels que l'équilibre entre les nutriments glucidiques et non glucidiques (matières grasses, protéines, etc.), le métabolisme propre à chaque individu et l'heure du prélèvement par rapport au moment où les glucides sont ingérés [19].

Néanmoins, les glycémies des rats soumis aux différents régimes étudiés qui vont de $1,04 \pm 0,07$ à $1,24 \pm 0,13$ g/l seraient normales car selon [20] les glycémies normales de rat varient de 0,7 à 1,2 g/l.

Les valeurs obtenues dans cette étude sont supérieures à celles qui ont été rapportées par [21] sur des rats nourris avec des régimes à base de trois mets ivoiriens mais inférieures à celles de [22] obtenus avec les régimes poissons, Ceréla[®] et Anagobaka.

5 CONCLUSION

Il résulte de la présente étude qu'au niveau des paramètres biochimiques sanguins, les glycémies et urémies des rats soumis aux régimes RPFnd ont connues des variations par rapport à celles des rats soumis aux régimes RTC et RPC. Au du niveau de la biométrie des organes, les effets de la fortification de la farine de blé par celles de graines non délipidées de *Citrullus lanatus* a entraîné une augmentation pondérale au niveau des reins et de l'estomac et un changement de couleur au niveau du foie. Ces changements ont, en outre, été accentués aux taux de substitution de 15 % et surtout de 20 %.

Des études histologiques et histopathologiques seraient, néanmoins, nécessaires pour savoir si ces modifications ont des conséquences pathologiques sur ces organes régulateurs du métabolisme nutritionnel.

REFERENCES

- [1] A. Méité. K.G. Kouamé, N.G. Amani, S. Kati-Coulibaly & A. Offoumou., "Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des pains fortifiés avec les farines de graines de *Citrullus lanatus*," *J. sci. pharm. Biol.*, vol. 9, no.1, pp. 32-43, 2008a.
- [2] A. Méité, K.G. Kouamé, S. Kati-Coulibaly & A.M. Offoumou. "Etude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées)," *Bull. soc. R. Sci. Liège*, vol. 77, pp. 80-103, 2008b.
- [3] Adrian, J., Rabache M., Fragne R., *Techniques d'analyse nutritionnelle*. In: Lavoisier Tec & Doc (Eds.), Principes de Techniques d'Analyse, Paris: pp. 451-478, 1991.
- [4] S. Seronie, M. Vivien, M. Galteau, M. Carlier, A. Hadj, "Dosage de la créatinémie en 2003: état des lieux analytique et essai de standardisation de l'étalonnage," *Annales de Biologie Clinique*, vol. 62, pp. 165-175, 2004.
- [5] AOAC, Official methods of analysis. 12th Ed. Washington DC: pp. 75-80, 1975.
- [6] Zannou, T.V.J. Stratégie d'amélioration de farines infantiles à base de manioc et de soja de haute densité énergétique par incorporation de farine de maïs germé. Thèse de doctorat 3^e cycle. Université de Cocody-Abidjan, 124p, 2005.
- [7] Bankir, L., *Urea and the kidney*, In: B.M. Brenner, F.C. Rector Jr, (Eds), The Kidney, Philadelphia: WB Saunders Company, pp. 571-606, 1986.
- [8] M. Lagrange, "Microangiopathies thrombotiques, une urgence diagnostique," *Option/Bio.*, vol. 21, no. 446, pp. 16-17, 2010.
- [9] D. Pierre, C. Etienne, M. Nicolas, J.M. Krzesinski, M. Christophe, J-P. Cristol, P. Laurence, "Créatinine: d'hier à aujourd'hui," *Ann Biol Clin.*, vol. 68, no. 5, pp. 531-543, 2010.
- [10] M.D. Finke, G.R. Defoliart & N.J. Benevenga, "Use of a four parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats," *J. Nutr.*, vol. 119, pp. 684-691, 1989.
- [11] B.I.C. Brai, A.A. Odetola & P.U. Agomo, "Effects of *Persea Americana* leaf extracts on body weight and liver lipids in rats fed hyperlipidaemic diet," *Afr. J. of Biotechnol.*, vol. 6, no. 8, pp. 1007-1011, 2007.

- [12] H. Lerat, M. Honda & M. Beard, "Steatosis and liver cancer in transgenic mice expressing the structural and nonstructural proteins of hepatitis C virus," *Gastroenterology*, vol. 122, pp. 352-365, 2002.
- [13] A. Méité, K.G.M. Bouafou, H. Ouattara, T. Dally, K.G. Kouamé & S. Kati-Coulibaly, "The Effect of Fortified Bread with Defatted Cake of *Citrullus lanatus* on Blood Biochemical Parameters in Rat," *American Journal of Food and Nutrition*, vol.4, no. 3, pp. 74-77, 2016.
- [14] M. Lutz, J. Cortez & R. Vinet, "Dietary fats and cholesterol supplementation effects on aortic and lipid response in rats," *J. Nutr. Biochem.*, vol. 5, pp.446-450, 1994.
- [15] M.A. Zulet, A. Barber, H. Garcin, P. Higuere & J.A. Martinez, "Alteration in carbohydrate and lipid metabolism induced by a diet rich in coconut oil and cholesterol in a rat model," *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 18, pp. 36-42, 1999.
- [16] K. Seyrek, C. Yenisey, M. Serter, F. Kargin-Kiral, P.A. Ulutas & H.-E. Bardakcioglu, "Effects of dietary vitamin C supplementation on some serum biochemical parameters of laying Japanese quails exposed to heat stress (34.8°C)," *Revue Med. Vet.*, vol. 155, no.6, pp.339-342, 2004.
- [17] K.G.M. Bouafou, B.A. Konan, A. Meite, K.G. Kouame & S. Kati-Coulibaly, "Substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance: risques pathologiques?" *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 5, no3, pp. 1298-1303, 2011.
- [18] Apfelbaum M., Romon M. & Dubus M. Diététique et Nutrition. Masson (Eds) (6è Edition) Paris: pp. 38-45 et pp. 112, 2004.
- [19] K. Foster-Powell & Brand-Miller, "International tables of glycaemic index," *Amer. J. Clinical Nutrition*, vol. 62, no. sup, pp. 871-893, 1995.
- [20] Durimel, Etienne, Mannoni & Souckchaine, Régulation hormonale de la glycémie chez le rat. Licence de Biologie, Université des Antilles Guyannes: pp. 1-6, 2002.
- [21] T. Dally, A. Meite, H. Ouattara, K.G. Kouame & S. Kati-Coulibaly, "Nutritional quality of three ivoirians foods consumed: biochemical seric studies on growing rats (wistar)," *Pak. J. f Nutr.*, vol. 13, no.5, 271-274, 2014.
- [22] E.K.V. Kouakou, K.G.M. Bouafou., A. Meite, K. Kouame & S. Kati-Coulibaly, "Farine de sevrage commerciale ANAGOBAGA: quels risques pathologiques dans le régime du rat en croissance?" *Int. J. Biol. Chem. Sci.* vol. 10, no.1 pp. 167-174, 2016.

Degré d'activation, surface spécifique et fonctions de surfaces de charbons actifs d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium*

[Degree of activation, specific surface area and surface chemistry fonction of activated carbons from *Acacia auriculaeformis* and *Acacia mangium*]

N'Da Arsène KOUADIO¹, Drissa Ouattara KRA², Grah Patrick ATHEBA²⁻³, Patrick DROGUI³, and Albert TROKOUREY²

¹Laboratoire de Bioénergie,
Centre National de Recherche Agronomie (CNRA), Abidjan,
08 BP 881 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Chimie Physique,
Université Felix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-ETE),
Université du Québec,
490, rue de la Couronne, Québec, G1K 9A9, Canada

Copyright © 2017 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: Three physico-chemical characteristics of *Acacia* activated charcoals were determined: the degree of activation, the specific surface and surface functions. The coals are prepared from *Acacia auriculaeformis* and *Acacia mangium*, leguminous and fast growing trees, available in Côte d'Ivoire. They were activated by chemical means, by impregnation with phosphoric acid (H_3PO_4). Analysis of the results indicates that the activation yields are below 50% for both types of coal. In addition, the activated carbon-based *Acacia auriculaeformis* has a larger surface area than that based *Acacia mangium*. The two activated coals have mixed surface functions, predominantly acid, which give them a dual reactivity for both anionic and cationic adsorbates.

KEYWORDS: *Acacia auriculaeformis*, *Acacia mangium*, activated charcoal, degree of activation, specific surface, surface function.

RÉSUMÉ: Trois caractéristiques physico-chimiques des charbons actifs d'*Acacia* ont été déterminées : le degré d'activation, la surface spécifique et les fonctions de surface. Les charbons sont à base d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium*, Légumineuses arborescentes et à croissance rapide, disponibles en Côte d'Ivoire. Ils ont été activés par la voie chimique, par imprégnation avec l'acide phosphorique (H_3PO_4). L'analyse des résultats indique que les rendements d'activation sont inférieurs à 50% pour les deux types de charbon. De plus, le charbon actif à base d'*Acacia auriculaeformis* possède une surface spécifique plus importante que celui à base d'*Acacia mangium*. Les deux charbons actifs ont des fonctions de surface mixtes, à prédominance acide, qui leur confèrent une double réactivité vis-à-vis des adsorbats aussi bien anioniques que cationiques.

MOTS-CLEFS: *Acacia auriculaeformis*, *Acacia mangium*, charbon actif, degré d'activation, surface spécifique, fonction de surface.

1 INTRODUCTION

Les charbons actifs sont obtenus par pyrolyse de différents matériaux d'origine végétale, animale ou minérale : bois, coques de noix de coco, coques d'arachide, noyaux de dattes, bambous, lignite, tourbe, résidus pétroliers, etc. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications domestiques et industrielles telles que la purification de l'air, la dépollution des effluents domestiques et industriels, la décoloration de produits agro-alimentaires, etc...

Les propriétés physico-chimiques des charbons actifs dépendent essentiellement des conditions de préparation. La présente étude, traite trois propriétés physico-chimiques des charbons actifs préparés à partir de deux essences arborescentes à croissance rapide, disponibles en Côte d'Ivoire : *Acacia auriculaeformis* et *Acacia mangium*. Ces propriétés sont : le degré d'activation, la surface spécifique et les fonctions de surface.

2 MATERIEL ET METHODES

Deux types de matériels ont été utilisés pour l'étude : le matériel biologique et les équipements et produits chimiques de laboratoire.

2.1 MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique est composé de charbons d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium* âgés de 8 à 9 ans et de poudre de charbons activés issus des deux espèces.

2.2 EQUIPEMENTS ET REACTIFS CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Le charbon obtenu par pyrolyse dans un four cornue de laboratoire, est réduit en poudre par broyage à l'aide d'un broyeur BIOBLOCK Scientifique. Le produit est séché à l'étuve MEMMERT. Le traitement thermique de la poudre a lieu dans un four à moufle de marque NABATHERM 30-3000°C, après son imprégnation à l'acide phosphorique (H_3PO_4) à 10% (la solution mère est de pureté 85%). La concentration résiduelle des différentes solutions est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre THERMO SCIENTIFIQUE type Helios OMEGA UV-VIS.

2.3 METHODES EXPERIMENTALES

Les méthodes expérimentales mises en œuvre dépendent de la propriété physico-chimique à déterminer.

2.3.1 DEGRE D'ACTIVATION

A la sortie du réacteur d'activation, après refroidissement dans un dessiccateur, chaque échantillon de charbon activé est pesé. Il est ensuite lavé abondamment à l'eau distillée bouillante, à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le pH du filtrat soit compris entre 6,5 et 7. Connaissant la masse initiale de l'échantillon, la pesée du produit final permet de déterminer le degré d'activation par l'application de la formule (1) ci-dessous :

$$\text{Degré d'activation (\%)} = \frac{\text{masse initiale} - \text{masse finale}}{\text{masse initiale}} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2 SURFACE SPECIFIQUE

La surface spécifique des charbons actifs d'*Acacia* a été estimée selon la méthode d'adsorption du bleu de méthylène utilisée par KRA et al. [1]. La détermination de la capacité maximale d'adsorption se fait par l'application du modèle de Langmuir aux isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les charbons d'*Acacia*. A partir de la capacité maximale d'adsorption Q_{mL} (mg/g), l'estimation de la surface spécifique S_L est faite à l'aide de l'équation $S_L = Q_{mL} \times S_{BM} \times N_A$; avec ($S_{BM} = 175 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$) la surface occupée par une molécule de bleu de méthylène et ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), le nombre d'Avogadro.

2.3.3 FONCTIONS DE SURFACES

Les fonctions de surface ont été déterminées par la méthode de BOEHM [2] 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).

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 DEGRE D'ACTIVATION

Pour chaque paire de charbons d'*Acacia*, le traitement thermique a été réalisé à différents temps (1 heure et 6 heures) et températures (400, 600 et 800 °C). Le **tableau I** est un récapitulatif des caractéristiques d'activation des charbons d'*Acacia*. Les degrés d'activation calculés à partir de l'équation (1) sont présentés dans les **tableaux II** et **III**.

Tableau I : Caractéristiques d'activation thermique des charbons d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium*

Charbon	Vitesse de montée en température (°C /min)	Température d'activation (°C)	Durée d'activation (h)	Charbon activé
Acacia Auriculaeformis	26	400	1	CAa _{1/400}
			6	CAa _{6/400}
	26	600	1	CAa _{1/600}
			6	CAa _{6/600}
	26	800	1	CAa _{1/800}
			6	CAa _{6/800}
Acacia mangium	26	400	1	CAm _{1/400}
			6	CAm _{6/400}
	26	600	1	CAm _{1/600}
			6	CAm _{6/600}
	26	800	1	CAm _{1/800}
			6	CAm _{6/800}

Tableau II : Degré d'activation des charbons d'*Acacia auriculaeformis*

Charbon d' <i>Acacia</i>	CAa _{1/400}	CAa _{6/400}	CAa _{1/600}	CAa _{6/600}	CAa _{1/800}	CAa _{6/800}
Masse initiale	100	100	100	100	100	100
Masse finale	88,73	94,07	87,00	78,58	71,78	66,07
Degré d'activation (%)	11,27	5,93	13,00	21,42	28,22	33,93

Tableau III : Degré d'activation des charbons d'*Acacia mangium*

Charbon d' <i>Acacia</i>	CAm _{1/400}	CAm _{6/400}	CAm _{1/600}	CAm _{6/600}	CAm _{1/800}	CAm _{6/800}
Masse initiale	100	100	100	100	100	100
Masse finale	90,03	85,65	71,95	75,95	70,20	66,01
Degré d'activation (%)	9,97	14,35	28,05	24,05	29,80	33,99

L'analyse du **tableau II** indique que le degré d'activation des charbons d'*Acacia auriculaeformis* augmente avec la température et le temps de réaction. Ces charbons confirment la règle générale décrite dans la littérature, en particulier par FERNANDEZ IBANEZ [3], MELJAC [4] et ELABED [5].

Les charbons activés à 400°C pendant 6 heures semblent échapper à cette tendance, laissant supposer que la température de réaction n'est pas suffisante pour « éliminer des atomes de carbone et libérer la porosité interne créée lors de la carbonisation » [4]. Cette situation pourrait, également, s'expliquer par le caractère hétérogène et anisotrope du bois : les propriétés sont différentes selon la direction (radiale, tangentielle ou longitudinale).

Concernant le degré d'activation des charbons d'*Acacia mangium*, le **tableau III** montre que, d'une manière générale, il croît avec l'augmentation de la température et du temps de réaction. Les charbons d'*Acacia mangium* activés à 600°C semblent échapper à cette règle générale. Les conditions opératoires pourraient expliquer cette déviation par rapport à la tendance générale décrite par plusieurs auteurs sur le sujet, à savoir que plus le temps d'activation est long, plus les pores sont libérés et plus le rendement est élevé [5,6].

On pourrait donc considérer que, d'une manière générale, pour les charbons des deux types d'*Acacia*, le degré d'activation augmente avec l'augmentation de la température et du temps de réaction. En outre, l'on observe quels que soient l'espèce, le temps et la température d'activation, que les degrés d'activation sont tous inférieurs à 50%. Cela indique une tendance pour les deux précurseurs à la microporosité et à la mésoporosité [7]. La mésoporosité est plus probable, car selon MELJAC [4], un charbon actif dont le précurseur est de faible densité comme le bois ou le lignite est peu microporeux.

3.2 SURFACE SPECIFIQUE DES CHARBONS ACTIFS

La surface spécifique S_L de chaque charbon actif d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium*, est estimée selon la méthode de LANGMUIR [8]. Pour rappel, l'équation de LANGMUIR est :

$$Q_e = Q_{mL} \cdot \frac{k_L C_e}{1 + k_L C_e} \quad (2)$$

Sous forme linéaire, elle devient :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_{mL}} + \frac{1}{k_L \cdot Q_{mL}} \cdot \frac{1}{C_e} \quad (3)$$

Avec Q_e et Q_{mL} respectivement les capacités d'adsorption à l'équilibre et la capacité maximale d'adsorption en monocouche ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), k_L ($\text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$) est la constante de Langmuir et C_e ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) est la concentration du soluté à l'équilibre. La représentation graphique de $1/Q_e = f(1/C_e)$ pour chaque charbon actif a permis de déterminer le coefficient de corrélation linéaire (R^2) et l'équation de la courbe de tendance de la forme $y = ax + b$.

Par identification de l'équation de la courbe de tendance avec l'équation (3), on tire :

$$\frac{1}{Q_{mL}} = b \quad \text{et} \quad \frac{1}{k_L \cdot Q_{mL}} = a \quad \text{et par la suite les valeurs de } k_L \text{ et } Q_{mL}.$$

La surface spécifique S_L de chaque charbon actif d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium*, est estimée à l'aide de la formule (4):

$$S_L = Q_{mL} \times S_{BM} \times N_A \quad (4)$$

Avec: S_L , la surface spécifique du charbon actif (m^2/g) ;

S_{BM} , l'aire occupée par une molécule de bleu de méthylène ($175 \text{ \AA}^2$) ;

Q_{mL} , la capacité maximale d'adsorption en monocouche ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) ;

N_A , le nombre d'Avogadro ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$).

Dans les tableaux IV et V sont consignés la capacité maximale d'adsorption et la surface spécifique S_L des charbons d'*Acacia* activés aux différents temps et températures.

Tableau IV : Surface spécifique des charbons actifs d'*Acacia auriculaeformis*

Charbon actif	CAa _{1/400}	CAa _{6/400}	CAa _{1/600}	CAa _{6/600}	CAa _{1/800}	CAa _{6/800}
R^2	0,9972	0,9743	0,8386	0,8740	0,9974	0,9922
Q_{mL} (mg/g)	0,1757	0,2338	0,2342	0,265	0,2227	0,2744
Q_{mL} (mol/g)	0,000549	0,000731	0,000732	0,000828	0,000696	0,000858
S_L (m^2/g)	578,71	770,07	771,39	872,83	733,51	903,80

Tableau V : Surface spécifique des charbons actifs d'*Acacia mangium*

Charbon actif	CAM _{1/400}	CAM _{6/400}	CAM _{1/600}	CAM _{6/600}	CAM _{1/800}	CAM _{6/800}
R^2	0,4487	0,4218	0,6426	0,5419	0,8980	0,7608
Q_{mL} (mg/g)	nd	nd	nd	nd	0,2464	0,2502
Q_{mL} (mol/g)	nd	nd	nd	nd	0,000770	0,000782
S_L (m^2/g)	nd	nd	nd	nd	811,58	824,09

nd = valeur non déterminée pour les courbes dont le coefficient de linéarité est faible ($R^2 < 1$).

L'analyse des **tableaux IV et V** indique qu'avec $903,8 \text{ m}^2/\text{g}$, le charbon d'*Acacia auriculaeformis* activé à 800°C pendant six heures ($\text{CAa}_{6/800}$), a la surface spécifique plus élevée des échantillons de la même espèce, activés pendant un temps moins long et/ou à une température plus basse. La même tendance est observée avec les charbons actifs d'*Acacia mangium* pour lesquels $\text{CAm}_{6/800}$, activé à 800°C pendant six heures possède la plus grande surface spécifique ($824,09 \text{ m}^2/\text{g}$).

Les observations ci-dessus concordent avec celles faites lors de l'étude sur la détermination du degré d'activation. A savoir que, d'une manière générale, le degré d'activation du charbon augmente avec l'augmentation de la température et du temps de réaction. L'activation ayant 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. Des travaux antérieurs réalisés par d'autres auteurs corroborent cette assertion. A titre d'exemple KIFUANI et al. [6] ont montré que l'activation thermique à haute température (900°C) facilite le développement de la microporosité ouverte, c'est-à-dire celle dont les pores sont ouverts à la surface extérieure. Leurs études ont abouti à une surface spécifique de $1439,46 \text{ m}^2/\text{g}$ pour les charbons actifs préparés par imprégnation de la bagasse de canne à sucre dans une solution de H_3PO_4 , suivie de l'activation thermique à 900°C .

Par ailleurs, en se servant des deux méthodes d'activation chimique ($400\text{-}600^\circ\text{C}$) et physique ($650\text{-}900^\circ\text{C}$), BAMBA et al. [9] ont obtenu des charbons actifs de coque de coco dont la surface spécifique varie entre 200 et $1\,300 \text{ m}^2/\text{g}$. Par l'activation physique à 800°C de coques de coco, en présence de CO_2 et N_2 , ATHEBA et al. [10] ont abouti à des charbons actifs de surfaces spécifiques évaluées respectivement à $522 \text{ m}^2/\text{g}$ et $581 \text{ m}^2/\text{g}$.

On note, cependant, que les valeurs obtenues dans la présente étude relative aux *Acacia*, ne sont pas très proches de celles obtenues par DANISH et al. [11] qui ont produit des charbons actifs d'*Acacia mangium* par imprégnation à l'aide de H_3PO_4 ($1038,7 \text{ m}^2/\text{g}$) et de ZnCl_2 ($957,47 \text{ m}^2/\text{g}$). Cela pourrait s'expliquer par la méthode d'activation et la technique d'évaluation de la surface spécifique utilisées. DANISH et al. ont activé chimiquement, en une étape, des broyats de bois d'*Acacia mangium*. Le procédé utilisé dans la présente étude se déroule en deux étapes : la carbonisation, suivie de l'activation du charbon. La technique d'évaluation de la surface spécifique utilisée par DANISH et al. pourrait être, également, une des causes de l'écart constaté entre les deux valeurs. La technique de DANISH et al. est basée sur l'application électronique de la méthode mise au point par BRUNAUER, EMMETT et TELLER (méthode B.E.T.) [12]. Cette méthode utilise le diazote liquide dont le diamètre est plus petit que celui du bleu de méthylène. Le diazote mesure toute la surface spécifique du charbon actif y compris celle des micropores, majoritaires. Le bleu de méthylène ne mesure que les surfaces des méso et des macropores.

Par ailleurs, les surfaces spécifiques des charbons actifs d'*Acacia* évaluées au cours de l'étude, peuvent être considérées comme intéressantes si on les compare à celles des charbons actifs commerciaux utilisés par d'autres auteurs au cours de leur expérimentation. A titre d'exemple, nous pouvons citer : AVOM et al. [13] : $S_L=159 \text{ m}^2/\text{g}$; OUATTARA et al. [14] : S_L de CACOM2 = $514,32 \text{ m}^2/\text{g}$; GOULI et al. [15] avec $S_{\text{BET}} = 200 \text{ m}^2/\text{g}$; BOUCHEMAL et ACHOUR [16] : S_{BET} de CAG = $550 \text{ m}^2/\text{g}$ et S_{BET} de CAP = $658 \text{ m}^2/\text{g}$. Les charbons actifs d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium* produits pourraient, par conséquent, être utilisés pour des applications dans l'adsorption de polluants en solution aqueuse.

3.3 FONCTIONS DE SURFACE DES CHARBONS ACTIFS

Les fonctions de surface des charbons actifs ont été déterminées par la méthode de BOEHM [2]. Les résultats (moyenne de deux (2) essais) sont consignés dans le **tableau VI**.

Tableau VI : Fonctions de surface des charbons actifs $\text{CAa}_{6/800}$ et $\text{CAm}_{6/800}$

Charbon actif	Carboxyliques (méq/g)	Lactones (méq/g)	Phénols (méq/g)	Acidité totale (méq/g)	Fonctions basiques (méq/g)
$\text{CAa}_{6/800}$	0,775	0,425	0,70	1,90	0,17
	40,8%	22,4%	36,8%	91,8%	8,2%
$\text{CAm}_{6/800}$	0,225	0,575	0,20	1	0,14
	22,5%	57,5%	20%	87,7%	12,3%

L'analyse du **tableau VI** montre que les charbons activés issus des deux espèces d'Acacia présentent des fonctions de surface mixtes : acide et basique.

Le charbon actif d'*Acacia auriculaeformis* (CAa_{6/800}) a une surface majoritairement acide (1,90 méq.g⁻¹, soit 91,8% de la surface totale). Les sites basiques représentent 8,2% de la surface. Le caractère acide provient des acides carboxyliques (0,775 méq.g⁻¹; soit 40,8%), des phénols (0,70 méq.g⁻¹; soit 36,8%) et des lactones (0,425 méq.g⁻¹; soit 22,4%).

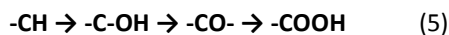
La surface du charbon actif d'*Acacia mangium* (CAM_{6/800}) a, également, une surface majoritairement acide : 1,00 méq.g⁻¹, soit 87,7%. Les fonctions basiques représentent 12,3% de la surface totale avec 0,14 méq.g⁻¹. Le caractère acide (87,7% du total) provient des lactones (0,575 méq.g⁻¹; soit 57,5%), des acides carboxyliques (0,225 méq.g⁻¹; soit 22,5%) et des phénols (0,20 méq.g⁻¹; soit 20%).

La présence de sites acides et de sites basiques sur les deux charbons actifs d'Acacia suggère pour chacun d'eux la possibilité d'adsorber aussi bien des adsorbats anioniques que cationiques. L'adsorption du bleu de méthylène (cationique et basique) est, à priori, plus favorable sur le charbon actif CAa_{8/800} (91,8% de fonctions acides) que sur CAM_{6/800} (87,7%).

Les groupements fonctionnels à la surface des charbons actifs pourraient trouver leur origine dans les processus de carbonisation et d'activation. Selon MEZERETTE et VERGNET [17], au cours de la première phase de la carbonisation, les hémicelluloses se décomposent en xylanes qui donnent de l'eau et des acides carboxyliques (acide acétique et acide formique); des gaz oxygénés (CO, CO₂) et du méthanol se dégagent. La cellulose et la lignine se décomposent, pendant la troisième phase du processus, pour donner d'une part de l'eau, du gaz carbonique (CO₂), du charbon et d'autre part des goudrons lourds, du méthanol et des composés phénoliques.

Bien que l'activation ait pour objet d'éliminer les résidus volatiles et minéraux présents dans le charbon tout en augmentant sa porosité, des traces de ces résidus pourraient subsister quelle que soit l'efficacité du lavage après la réaction.

Les groupements fonctionnels à la surface des charbons actifs 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 BADOT [18] 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. Cette assertion est renforcée par KIFUANI et al [19], s'appuyant sur les travaux réalisés par MANGUN et al. [20], indiquent qu'au cours du processus, la séquence oxydative est :



Selon cet auteur, le groupe hydroxyle se forme en premier, puis s'oxyde en groupe carbonyle puis en groupe carboxylique.

4 CONCLUSION

Une étude a été réalisée sur les charbons produits à partir des bois âgés de 8 à 9 ans de deux espèces d'Acacia disponibles en Côte d'Ivoire : *Acacia auriculaeformis* et *Acacia mangium*. Ces charbons ont été activés selon la méthode chimique, en utilisant l'acide phosphorique (H₃PO₄) comme agent d'imprégnation.

L'analyse du rendement d'activation a montré que plus le temps de séjour dans le réacteur et la température croissent, plus grand est le degré d'activation, pour les charbons issus des deux espèces d'Acacia.

L'étude a montré que les charbons d'Acacia activés pendant 6 heures à 800°C ont donné une surface spécifique plus importante que ceux des autres lots dont la température de réaction et le temps de séjour dans le réacteur sont plus faibles. En outre, les charbons actifs à base d'*Acacia auriculaeformis*, possèdent une surface spécifique (S_L=903,8 m²/g) plus importante que ceux produits avec les charbons d'*Acacia mangium* (S_L=824,09 m²/g).

Par ailleurs, l'étude des fonctions de surface de ces deux charbons actifs a montré qu'ils sont à la fois acides et basiques. Le caractère acide de la surface est prédominant chez les deux, avec un avantage pour les charbons à base d'*Acacia auriculaeformis* (91,8%) contre 87,7% pour ceux issus des bois d'*Acacia mangium*.

Enfin, il ressort de l'étude réalisée que, tenant compte de leurs surfaces spécifiques, les charbons actifs d'Acacia peuvent être valablement comparés aux adsorbants disponibles dans le commerce. La nature de leurs fonctions de surfaces les prédispose à l'adsorption de divers polluants domestiques ou industriels aussi bien anioniques que cationiques.

REFERENCES

- [1] KRA D. O., KOUADIO N. A., ATHEBA G. P., COULIBALY B., ALLOU N. B., GBASSI K. G., TROKOUREY A., Modélisation des propriétés adsorbantes de charbons activés issus de deux variétés d'*Acacia* (*auriculiformis* et *mangium*) ; International Journal of Innovation and Scientific Research, ISSN 2351-8014 Vol. 13 No. pp. 542-553, 2 Feb. 2015.
- [2] BOEHM H.P., Some aspects of the surface chemistry of carbon black and other carbon. Carbon 32, 759-769, (1994).
- [3] FENANDEZ IBANEZ E., Etude de la carbonisation et de l'activation de précurseurs végétaux durs et mous ; Thèse de Doctorat ; Université de Neuchâtel ; Institut de chimie ; Décembre 2002.
- [4] MELJAC L., 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, décembre 2004.
- [5] ELABED A., Réactivité thermique et cinétique de la dégradation du bois d'arganier. Application à l'élaboration de charbon actif par activation chimique à l'acide phosphorique ; Thèse de Doctorat ; Université Mohammed V-AGDAL, Faculté des Sciences, Rabat, 20 juillet 2007.
- [6] KIFUANI K. M., MUKANA W. M. et NOKI V. Adsorption de bleu de méthylène en solution aqueuse sur charbon actif obtenu à partir des sciures végétales. Préparation et caractérisation du charbon actif. Revue Congolaise des Sciences Nucléaires, 20 (1/2), 215-224. (2004).
- [7] FERREIRA de OLIVEIRA T., Etude d'un procédé de dépollution basé sur le couplage ozone/charbon actif pour l'élimination des phtalates en phase aqueuse ; Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, Ecole doctorale Sciences et Technologies, France ; 15 décembre 2011.
- [8] LANGMUIR, I., Modelisation of adsorption; Phys. Rev. 6: 79-80; 1916.
- [9] BAMBA D., DONGUI B., TROKOUREY A., ZORO G. E., ATHEBA G. P., ROBERT D., WEBER J. V. ; Etudes comparées des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie 028 ; 41 – 52 (2009).
- [10] ATHEBA P., GBASSI K. G., DONGUI B., BAMBA D., YOLOU F.S., TROKOUREY A. ; Etudes de la porosité, de la surface spécifique et des fonctions de surface de charbons actifs préparés après carbonisation artisanale des coques de noix de coco. Les technologies de laboratoire –, Volume 8, N° 34, 2014.
- [11] DANISH M., HASHIM R., MOHAMAD IBRAHIM M. N., RAFATULLAH M., AHMAD T., SULAIMAN O. Effect of acidic activated agents on surface area and surface functional groups of activated carbons produced from *Acacia mangium* wood. Journal of analytical and applied pyrolysis, volume 10; pp 418-425; november 2013.
- [12] BRUNAUER S., EMMET P. H., TELLER E., Journal of American Chemistry Society 60, 309, 1938.
- [13] AVOM J., KETCHA J. M., MATIP M. R. L., GERMAIN P., 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).
- [14] OUATTARA P. H. K., GOULI BI I. M., KOUAKOU U., DEMBELE A., YAPO A. J. TROKOUREY A. Preparation and characterization of activated carbons based on peanut shell (*Arachis hypogaeae*), green soya shell (*Vigna radiate*); International Journal of Science and Research (IJSR); Volume 3 Issue 7, July 2014.
- [15] GOULI B. M. I., YAPO A. J., ELLO A. S., DIABATE D. et TROKOUREY A. ; Adsorption of acetic and benzoic acids from aqueous solutions on activated carbon. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie; 026; 53-57 ; 2008.
- [16] BOUCHEMAL F. et ACHOUR S. Essais d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680 N°6, pp 81-89. (2007).
- [17] MEZERETTE C. et VERGNET L. F. La voie thermochimique. In: ANONYME- Guide Biomasse Energie. Collection Etudes et filières, pp 144-198, 1994.
- [18] CRINI G. et BADOT M. P. ; Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique ; pp 283-285. Presses universitaires de Franche-Comté; 2008.
- [19] KIFUANI K. M. A., NOKI V. P., NDELO DI P. J., MUKANA WA M. D., EKOKO B. G., ILINGA L. B. et MUKINAYI M. J., Adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif peu coûteux à base de la bagasse de canne à sucre imprégnée à l'acide phosphorique ; International Journal of Biological and Chemical Sciences 6(3) :1337-1359 ; June 2012.
- [20] MANGUN C. L., BENAK K. R., ECONOMY J., DALEY M. A., Oxidation of activated carbon fibers: effect on pore size, surface chemistry, and adsorption properties. *Chem Mater*, 11: 3476-3483. 1999.

Etude de la lixiviation en tas du minerai cupro-cobaltifère dans les mines de la Province du Katanga en République Démocratique du Congo

Patrick MBWEB KATSHIL

Commissariat Général à l'Energie Atomique,
Ministère de la Recherche Scientifique,
Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2017 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 extraction of metal ore in the poor leads us to look for techniques and methods to extract a good amount of it (metal) low cost without passing the gangue in the solution.

For this purpose, to determine leaching parameters seen to recover the metal in a low grade ore, we proceeded to test leaching guidelines heap ore preceded by size analysis and chemical different slices to determine the working parameters that can give satisfactory results. After these analyzes guidance, we opted for crushing the ore to determine the correct job settings for a good recovery of the metal contained in the ore poor and know the slice for perfect contact between the etching solution and ore for metal recovery.

During testing after leaching, we noticed that when we respect the following parameters: a constant acid concentration of 70 g / l, a time of 64 hours, a particle size of 1,700 micron; we dissolved a good amount of metals or a yield ranging between 37.9 to 74.9% when the particle size of the ore pass 9423-850 micron.

However, leaching of the composite sample of the same ore, gives a neighbor leach performance to which is recorded with the fine ore 70.8%.

KEYWORDS: yield, leaching, Ore, copper-cobaltifere, granulometry.

RESUME: L'extraction du métal dans le minerai pauvre nous amène à chercher des techniques et méthodes permettant à extraire une bonne quantité de ce dernier (le métal) à faible coût sans faire passer la gangue dans la solution.

A cet effet, pour déterminer les paramètres de lixiviation en vu de récupérer le métal dans un minerai pauvre, nous avons procédé aux essais d'orientations de lixiviations en tas du minerai précédé par des analyses granulométriques et chimiques des différentes tranches en vue de déterminer les paramètres de travail pouvant donner des résultats satisfaisant. Après ces analyses d'orientations, nous avons opté pour le broyage du minerai, afin de déterminer les bons paramètres de travail pour une bonne récupération du métal contenu dans le minerai pauvre et connaître la tranche permettant un contact parfait entre la solution d'attaque et le minerai pour la récupération du métal.

Lors des analyses après lixiviation, nous avons remarqué que, lorsque nous respectons les paramètres ci-après : une concentration en acide constante de 70 g/l, un temps de 64 heures, une granulométrie de 1700 micron ; nous mettons en solution une bonne quantité des métaux soit un rendement qui varie entre 37,9 à 74,9 % quand la granulométrie du minerai passe de 9423 à 850 micron.

Cependant, la lixiviation de l'échantillon composite du même minerai, donne un rendement de lixiviation voisin à celui que l'on enregistre avec les minerais fins, soit 70,8%.

MOTS-CLEFS: rendement, Lixiviation, Minerai, cupro-cobaltifère, granulométrie.

1 INTRODUCTION

De nos jours, l'utilisation des métaux non ferreux dans différentes technologies du monde a augmenté et fait à ce que le producteur recourt aux gisements pauvres pour extraire le métal.

Avec l'embellie du cours des métaux non ferreux (Roger RUMBU, 2013), il devient essentiel de connaître les moyens et possibilités à mettre en œuvre pour récupérer les métaux, à moindre frais, même dans les minerais pauvres. A cet effet, l'une des méthodes auxquelles les industriels recourent actuellement pour produire les métaux est l'extraction par solvant précédée d'une opération de lixiviation en tas, effectuée à une granulométrie permettant de mettre en solution une grande partie des métaux tout en y minimisant le passage des éléments indésirables.

C'est dans cette optique que nous étudions la lixiviation en tas d'un minerai pauvre, avec application au minerai cupro-cobaltifère de Tilwezembe une carrière de la générale des carrières et des mines, GCM en sigle en République Démocratique du Congo.

Notre travail comporte deux parties :

Dans la première, nous donnons des considérations générales sur la lixiviation, à savoir les différentes techniques, les réactifs et la cinétique de mise en solution des métaux.

Dans la seconde, nous présentons les résultats de l'étude de lixiviation en tas du minerai cupro-cobaltifère de la mine de Tilwezembe, dans la province du Katanga en République Démocratique du Congo.

2 CONSIDERATIONS GENERALES

La réaction de lixiviation se fera donc pour une consommation de réactif la plus faible possible avec une moindre contamination de la solution en éléments impurs ; raison pour laquelle le solvant utilisé doit être sélectif (C.B GILL FAYETTE, 1980).

La dimension, la teneur du minerai et la facilité avec laquelle le minerai est dissout dans le solvant déterminé ; sont les facteurs qui contrôlent la détermination du choix de la méthode de lixiviation à adopter (FATHI HABASHI, 1970).

En variant la granulométrie des minerais, le temps de lixiviation, la concentration de l'acide et la teneur en réducteur, nous essayerons de réunir les meilleures conditions de lixiviation en tas du minerai de Tilwezembe.

Hors, la lixiviation est la mise en solution d'un ou des plusieurs métaux valorisables en vue de leur extraction ultérieures. Cette dissolution chimique se fait sélectivement avec mise en solution des métaux.

2.1 TECHNIQUES DE LIXIVIATIONS

Il existe plusieurs techniques de lixiviations qui sont :

- La lixiviation par percolation : Elle est effectuée in situ, en tas ou en bac ; elle se réalise par le passage de la solution à travers un lit de minerais.

Ex : lixiviation in situ, lixiviation en tas et lixiviation par percolation en bac

- La lixiviation par agitation : La lixiviation par agitation est limitée au minerai riche et fin dont la taille des particules ne permet pas la percolation.

Ex : Agitation mécanique, agitation pneumatique, agitation mécanique et pneumatique simultanée et lixiviation au four à micro-onde (Roger RUMBU, 2013).

2.2 TYPES DE LIXIVIATIONS

L'hydrométallurgie présente plusieurs variantes selon les conditions chimiques ou physiques réalisées. La dissolution doit être sélective, c'est-à-dire que le métal valorisable doit être complètement dissous tandis que la gangue doit rester quasi inattaquée cela pour économiser les réactifs et pour éviter une contamination de la solution.

Les différents types de lixiviation habituellement utilisés sont les suivants :

- Lixiviation acide
- Lixiviation acide oxydante
- Lixiviation réductrice
- Lixiviation ammoniacale
- Lixiviation alcaline
- Lixiviation par cyanuration
- Lixiviation avec du chlore ou chlorurante
- Lixiviation par les bactéries.

2.2.1 LIXIVIATION ACIDES

Généralement appliquée aux minerais oxydés ou carbonatés à gangues non dolomitiques. Les conditions de cette lixiviation peuvent être examinées sur le diagramme de M. POURBAIX (tension –pH). On utilise une solution acide (particulièrement H_2SO_4) pour attaquer les concentrés ou minerais oxydés, carbonatés ou sulfurés préalablement grillés.

2.2.2 LIXIVIATION ACIDES OXYDANTE

Il y a lixiviation oxydante lorsqu'il y a montée d'état d'oxydation de l'élément dans la solution que dans le solide. Ce type de lixiviation s'applique aux minerais mixtes (oxyde et sulfures). L'acide sulfurique est le solvant le plus utilisé.

Les conditions oxydantes peuvent être réalisées par l'air (oxygène) ou par les ions ferriques présents (provenant des minerais ou ajoutés intentionnellement).

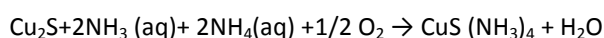
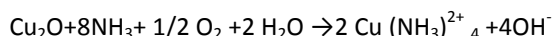
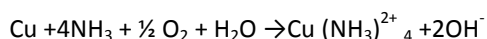
2.2.3 LIXIVIATION RÉDUCTRICE

Dans ce types de lixiviation, la solution lixiviante est rendue réductrice par un agent réducteur tels que le SO_2 , le fer ferreux, le NO_2 , le métabisulfite de sodium. La réduction permet la dissolution des oxydes tels que MnO_2 et CO_2O_3 qui ne sont pas solubles dans l'acide sulfurique dilué.

2.2.4 LIXIVIATION AMMONIACALE

Elle s'applique aux minerais à gangues dolomitiques pour extraire les métaux tels que le cuivre, le Nickel,... sous forme de complexes. On utilise généralement le $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ et NH_4OH . Ce procédé est sélectif car les impuretés ne forment pas de complexes avec le NH_3 .

On peut donner à titre d'exemple quelques réactions principales de lixiviation du cuivre :



2.2.5 LIXIVIATION ALCALINE (BASIQUE)

Elle peut être directement réalisée par la soude en autoclave pour des oxydes légèrement acides ou amphotères (Al_2O_3 , WO_3 ...).

2.2.6 LIXIVIATION PAR CYANURATION

Ce type de lixiviation est appliqué essentiellement au traitement des métaux précieux. On utilise une solution diluée de cyanure de potassium (KCN) en milieu basique pour éviter l'hydrolyse du cyanure.

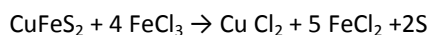
2.2.7 LIXIVIATION AVEC DU CHLORURE OU CHLORURANTE

Dans certains cas il peut être intéressant de passer par un chlorure soluble. Toutes fois on évite généralement de faire cette lixiviation compte tenu des difficultés technologiques en matière de corrosion et du cout de l'acide (HCl).

On utilise souvent une solution de chlorure de Fer (III).

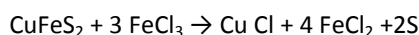
Voici quelques exemples dans le cas du cuivre :

- *Procédé cuprex*



La réaction se passe en solution aqueuse à 65°C.

- *Procédé Duval-Cominco*



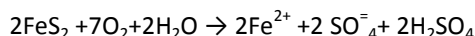
2.2.8 LIXIVIATION PAR LES BACTÉRIES

Elle est souvent utilisée pour en solution des minerais complexes. Ici l'agent oxydant le plus important est le Fe^{3+} . Ce dernier est généré par la présence des bactéries et de l'oxygène de l'air.

Les micro-organismes, qui font d'office d'agent lixiviations, jouent le rôle de catalyseur.

Au-dessus de 40°C ils meurent, mais à pH=2,3 ils sont actifs, en dehors de pH 1 à 5, la croissance bactérienne est La température a une influence très notable car leur activité devient nulle en dessous de 0°C et arrêtée.

A titre d'exemples on a :



Et

Catalyse par bactérie (thiobacillus thiooxydant)



Catalyse par bactérie (thiobacillus ferrooxydant)

2.3 DIFFERENTS REACTIFS UTILISES EN LIXIVIATION

Pour faire la lixiviation, il faut qu'il y ait une solution ou un agent lixiviant (solvant) pouvant nous aider à la mise en solution.

Nous distinguons quatre types d'agent lixivants qui sont : L'eau, Les sels (solutions salines), Les acides, Les bases.

2.3.1 L'EAU

L'eau seule est utilisée pour la lixiviation des calcinées produits par un grillage sulfatant avec un appoint minime en acide.

2.3.2 LES SELS

Parmi lesquels nous pouvons retenir trois solutions salines :

- Les sulfates ferriques : utilisés pour la lixiviation des minerais sulfurés.
- Le carbonate de sodium : utilisé pour la lixiviation des minerais d'uranium.
- Le chlorure de sodium : utilisé pour la lixiviation de sulfate et dès l'argent ... etc.

2.3.3 LES ACIDES

Les acides sont utilisés pour l'attaque de plusieurs constituants parfois d'une manière sélective.

L'acide sulfurique est le réactif le plus utilisé, car il pose moins des problèmes de corrosion, il est moins cher, assez sélectif facilement régénérable (M.JACOB-DULIERE, 1981)

2.3.4 LES BASES

L'hydroxyde de sodium est utilisé pour dissoudre l'aluminium dans le minerai de bauxite dans le procédé BAYER.



Le choix de l'agent lixiviant dépend essentiellement des facteurs ci-après (M.JACOB-DULIERE, 1981):

- Les caractéristiques chimiques et physiques de la matière à dissoudre.
- Le coût du réactif.
- La réactivité avec le constituant utile à dissoudre.
- La possibilité de régénération du réactif.
- La corrosion limitée du réacteur de lixiviation.

3 APPROCHES THERMODYNAMIQUE ET CINETIQUE DE LA LIXIVIATION DES METAUX CONTENUS DANS UNE SOLUTION

3.1 APPROCHE THERMODYNAMIQUE ET CINETIQUE DE LA LIXIVIATION

En contact des solutions aqueuses, un métal peut être stable ou instable et cela pourrait se résumer dans un diagramme de POURBAIX permettant de déterminer la forme sous laquelle un élément peut se présenter et dans quel domaine de stabilité il existerait en fonction de la tension (ou du potentiel) E et du pH (TERRE ROSENQVIST, 1974).

Le rôle essentiel de ce diagramme en lixiviation est d'indiquer les conditions de tension et de pH dans lesquelles les réactions d'oxydations et de réductions des métaux sont possibles ou pas en solutions aqueuses ; un métal en solution peut être identifié sur le diagramme E-pH dans deux zones à savoir :

- La zone oxydante
- La zone réductrice

Si un métal est stable dans un domaine de E-pH déterminé ; un changement d'un de deux paramètres peut modifier le domaine de stabilité de ce minéral. En cas de modification du domaine de stabilité, le minéral se décompose particulièrement ou totalement et la vitesse de cette décomposition est fonction de divers paramètres tels que la température, la concentration en oxydant ou en réducteur,...

C'est pour cela que pour le cas des sulfures de cuivres, ils sont stables dans un domaine E-pH réducteur.

3.2 APPROCHE CINETIQUE DE LA LIXIVIATION

La lixiviation met en contact deux phases différentes qui sont : la phase solide formée du minéral et la phase liquide constituée de réactif. La réaction de lixiviation s'effectue à l'interface réactionnelle de deux phases et il y a transfert de matière de la phase solide vers la phase liquide (TERRE ROSENQVIST, 1974).

3.2.1 MÉCANISME DE LA LIXIVIATION

Après une étude approfondie du mécanisme de lixiviation, la transformation physico-chimique s'opère en cinq étapes :

- Le transfert des réactifs en solution vers l'interface solide-liquide.
- L'absorption des réactifs à la surface.
- La désorption des produits solubles de la réaction.
- Le transport des produits de l'interface solide-liquide vers la solution.

D'une manière générale, on peut résumer les cinq étapes du mécanisme de lixiviation en trois étapes en associant les deux premières et les deux dernières :

- Le transport des réactifs du liquide vers l'interface par convection et diffusion.
- La réaction chimique de lixiviation à la surface.
- Le transport des produits de l'interface vers le sein du liquide par diffusion et convection.

3.3 VARIABLES DE LIXIVIATION

La cinétique chimique des réactions hétérogènes, en plus des variables usuelles (Granulométrie, temps, température, ...) dépendent de la vitesse de transfert des matières entre phases ainsi que leur mode de contact.

Nous sommes tenus d'observer les conditions optimales pour avoir un bon rendement de récupération du métal ou des métaux valorisables dans la lixiviation ; on vise une solubilisation efficace c'est-à-dire solubiliser le minerai utile tout en réduisant au maximum la contamination et la durée de lixiviation.

3.4 FACTEURS INFLUENCANT LA CINETIQUE DE LIXIVIATION

- La concentration des réactifs,
- La température et la pression,
- La taille des particules,
- L'agitation.

Les paramètres à étudier sont :

- La granulométrie des particules,
- La concentration de la solution et
- Le temps.

4 MATERIELS ET METHODES

4.1 METHODES

Un tuyau en PVC de 37mm de diamètre et de 350mm de long a servi de réacteur de lixiviation. Ce tuyau posé au milieu de la tablette métallique est soutenu à l'aide d'une vis à pression. En dessous de la tablette est posé un récipient qui a pour rôle de récupérer le lixiviat ; la lixiviation s'effectuera pendant 64 heures tout en recyclant la solution de lixiviation et en prélevant la solution de lixiviation après chaque heure pour avoir la concentration voulue de la solution lixiviée; et nous indiquera la fin de lixiviation.

4.2 MATERIELS

Et pour avoir une idée sur la fraction qui va permettre à ce que le contact minerai-solution soit parfait, nous allons effectuer des essais suivant différentes tranches granulométriques pour une bonne mise en solution.

Et pour bien calculer le rendement de récupération et le bilan matière, nous allons analyser le minerai brut et présenter les résultats dans le tableau 1 ci-dessous.

- Un tuyau en PVC (colonne de lixiviation),
- Une tablette métallique comme support de la colonne de lixiviation,
- Un vase pour recueillir le lixiviat,
- Un vase contenant la solution de lixiviation.

5 PRESENTATION DES RESULTATS

5.1 ESSAIS D'ORIENTATION

Cet essai s'est fait sur le minerai brut suivant le mode opératoire décrit ci-dessous :

Tableau 1 : Analyse granulométrique complète du minerai brut de Tilwezembe

Éléments	Cu	Co	Fe	Mn	Mg	Ca	K	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Teneur %	1,64	0,6	2,94	0,5	2,8	0,05	0,45	67,98	8,22

Tableau 2 : Analyse granulométrique du minerai brut de Tilwezembe

Le temps de tamisage a été de 3 minutes

Numéro fraction	Tamis		Poids fract (g)	% poids	% passant cumulé	% refus cumulé
	Mesh	Micron				
1	+ 0,2	26670	290	5,8	94,2	5,8
2	+ 0,4	25400	80	1,6	92,6	7,4
3	+ 0,5	19100	210	4,2	88,4	11,6
4	+ 0,6	18850	60	1,2	87,2	12,8
5	+ 0,75	13330	280	5,6	81,6	18,4
6	+ 1,2	12700	50	1	80,6	19,4
7	+ 1,5	9423	250	5	75,6	24,4
8	+ 3	6350	240	4,8	70,8	29,2
9	+ 6	3360	170	3,4	67,4	32,6
10	+ 10	1700	550	11	56,4	43,6
11	-10	1700	2820	56,4	0	100
Total			5000 g	100		

Tableau 3 : Analyse chimique des différentes tranches granulométriques

Numéro fraction	Tamis		% Poids	% Cu	Poids Cu	Répartition Cu	Poids cumulé
	Mesh	Micron					
1	+ 0,2	26670	5,8	0,08	0,004	0,543	5,8
2	+ 0,4	25400	1,6	0,102	0,001	0,135	7,4
3	+ 0,5	19100	4,2	0,13	0,005	0,678	11,6
4	+ 0,6	18850	1,2	0,24	0,002	0,271	12,8
5	+ 0,75	13330	5,6	0,3	0,016	2,17	18,4
6	+ 1,2	12700	1	0,43	0,004	0,542	19,4
7	+ 1,5	9423	5	0,21	0,01	1,356	24,4
8	+ 3	6350	4,8	0,49	0,023	3,12	29,2
9	+ 6	3360	3,4	0,26	0,008	1,085	32,6
10	+ 10	1700	11	0,66	0,072	9,769	43,6
11	-10	1700	56,4	1,05	0,592	80,325	100
Total			100		0,737	100	

Le tableau sur l'analyse chimique des différentes tranches granulométriques du minerai non broyé, montre que environ 80,3% de Cu se retrouve dans les particules de 1700 microns.

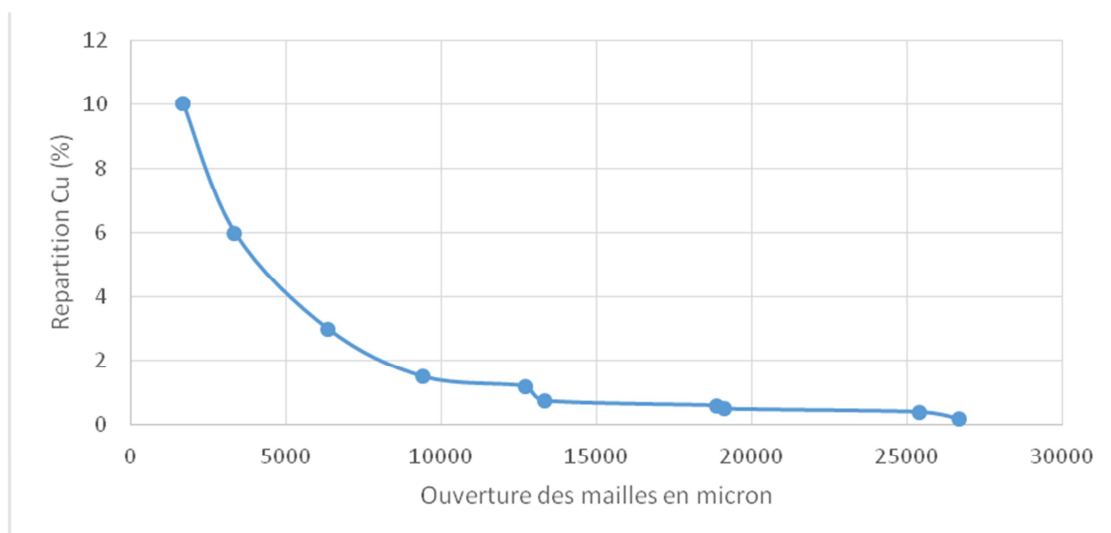


Figure 1 : répartition du Cu en fonction de l'ouverture des mailles

Les résultats présentés dans le tableau 4, ont été obtenues après un temps bien déterminé la lixiviation du minerai non broyé.

Tableau 4 : Résultats des essais d'orientation

	4 heures	8 Heures	12 heures	16 heures	20 heures	24 heures	28 heures	32 heures
Concentration de la solution en gramme par litre								
Minerai tout venant	0,026	0,041	0,334	0,384	0,451	0,48	0,501	0,562

	36 heures	40 heures	44 heures	48 heures	52 heures	56 heures	60 heures	64 heures
Concentration de la solution en gramme par litre								
Minerai tout venant	0,588	0,591	0,655	0,664	0,667	0,668	0,67	0,672

Comme le montrent le tableau 4 et la figure 3 correspondantes, la teneur de lixiviation augmente avec le temps.

Cependant le rendement global reste relativement faible (16,6%), certainement suite à la granulométrie relativement grossière du minerai tout venant.

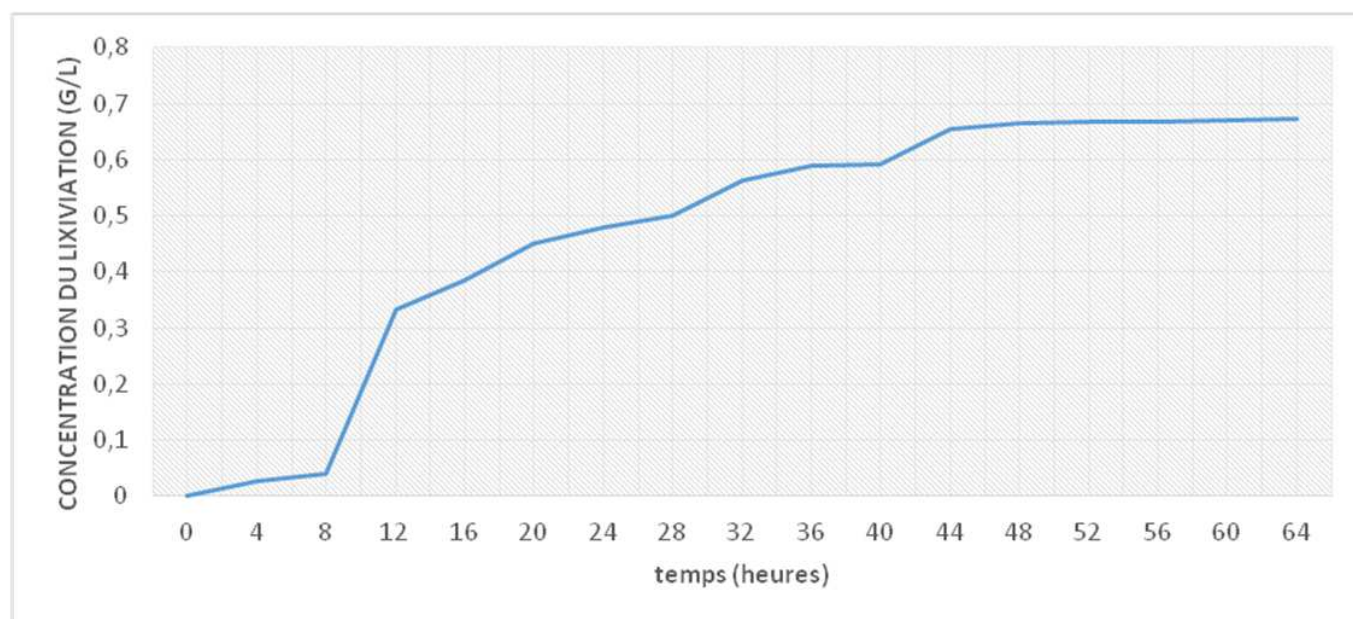


Figure 2 : Concentration du lixiviation en fonction du temps

5.2 ESSAIS D'OPTIMISATION DE LA LIXIVIATION

5.2.1 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

Pour améliorer le résultat de la lixiviation obtenus dans l'essai d'orientation, nous nous sommes proposés de réduire la dimension du minerai brut et de procéder, ensuite, aux essais de lixiviation par tranche granulométriques distinctes, dans l'espoir d'augmenter encore la récupération.

Comme il s'agit pas mener une étude de broyabilité, nous avons arbitrairement pris un temps de broyage du minerai brut de 5 minutes, après lesquelles, nous avons procédé aux analyses granulométriques.

5.2.2 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DU MINERAI BROyé

Tableau 5 : Résultats de l'analyse granulométrique

Nombre de fraction	Tamais		Poids des fractions (g)	% poids	% Passant cumulé	% refus Cumulé
	Mesh	Micron				
1	+1,5	9423	10	0,4	99,6	0,4
2	+3	6350	170	6,8	92,8	7,2
3	+6	3360	860	34,4	58,4	41,6
4	+10	1700	430	17,2	41,2	58,8
5	+20	850	270	10,8	30,4	69,6
6	-20	-850	760	30,4	0,00	100
Total			2500g	100		

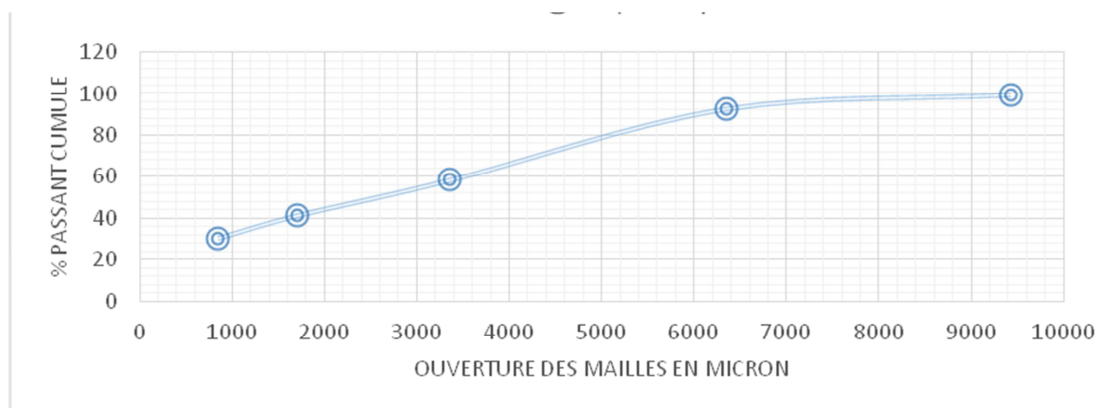


Figure 3 : Pourcentage de passants cumulés en fonction de l'ouverture des mailles

Le graphique montre que le diamètre d_{80} est tel que 80% des passants ont une dimension comprise entre 3360 et 6350 μm .

5.2.3 ANALYSE CHIMIQUES DES MÉTAUX CONTENUS DANS DIFFÉRENTES TRANCHES GRANULOMÉTRIQUES

Le tableau 6 : Répartition chimique du minerai à lixivier

Nombre de fraction	Tamis		% Poids	% Cu	Poids Cu	Répartition Cu
	Mesh	Micron				
1	+1,5	9423	0,4	0,27	0,001	0,155
2	+3	6350	6,8	0,684	0,046	7,153
3	+6	3360	34,4	0,298	0,102	15,863
4	+10	1700	17,2	0,455	0,078	12,13
5	+20	850	10,8	0,563	0,06	9,331
6	-20	-850	30,4	1,173	0,356	55,365
Total			100		0,643	100

Le résultat sur la répartition chimique des métaux contenus dans différentes tranches granulométriques. Ce tableau montre que environ 55% de cuivre se retrouvent dans les particules de – 20 mesh.

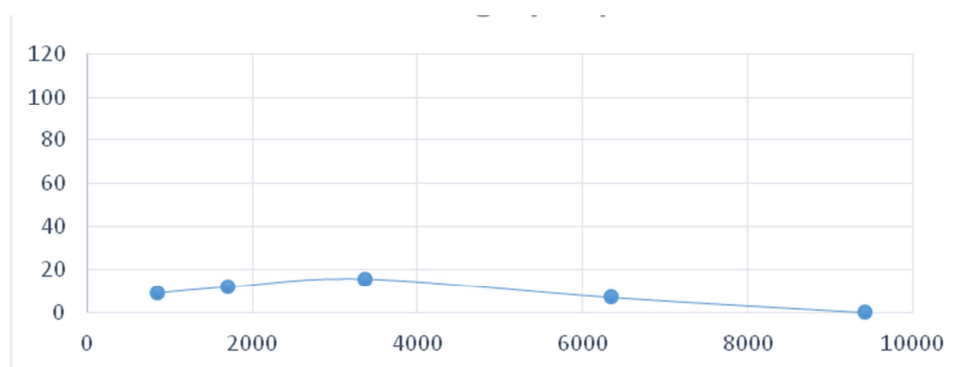


Figure 4 : répartition du cuivre en fonction de l'ouverture des mailles

Dans l'ensemble, plus la fraction est fine, plus elle est riche en Cu.

5.3 INTERPRETATIONS ET DISCUSSION DE RESULTATS DES ESSAIS DE LIXIVIATION EN TAS DE DIFFERENTES GRANULOMETRIQUES

5.3.1 INFLUENCE DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES SUR LA LIXIVIATION

Pour optimiser la lixiviation, les paramètres suivants seront étudiés :

- Le temps de lixiviation
- La granulométrie
- La concentration de l'acide
- La concentration du réducteur.

5.3.2 INFLUENCE DU TEMPS DE LIXIVIATION

Les résultats des essais de lixiviation de différentes tranches granulométriques sont repris dans le tableau 7.

Le tableau 7 : Les résultats des essais de lixiviation de différentes tranches granulométriques

Nombre fraction	4h	8h	12h	16h	20h	24h	28h	32h
Composite μm	0,624	0,831	1,039	1,65	1,15	1,447	1,507	1,671
9423 μm	0,112	0,164	0,19	0,226	0,35	0,375	0,428	0,691
6350 μm	0,412	0,48	0,526	0,565	0,63	0,658	0,692	0,736
3360 μm	0,715	0,824	0,891	1,013	1,46	1,836	2,173	2,26
1700 μm	0,698	0,734	0,925	1,07	1,12	1,37	1,688	2,013
850 μm	0,726	0,887	0,901	1,022	1,49	1,891	2,201	2,284

36h	40h	44h	48h	52h	56h	60h	64h	Rend %
1,982	2,011	2,35	2,515	2,63	2,891	2,98	2,981	70,8
0,721	0,011	1,023	1,074	1,206	1,241	1,351	1,317	37,9
0,821	0,882	0,94	1,14	1,187	1,36	1,437	1,438	40,5
2,373	2,512	2,69	2,772	2,787	2,861	2,921	2921	71,8
2,303	2,612	2,612	2,811	2,936	3,031	3,102	3,103	74,1
2,419	2,523	2,692	2,789	2,896	3,11	3,11	3,152	74,9

Ce tableau montre que le teneur et le rendement en Cu dans le lixiviat augmentent avec le temps et qu'au bout de 56 heures de lixiviation, la concentration augmente très faiblement, l'acidité de la solution n'ayant pas été maintenue constante au cours de l'opération. Il en résulte la présence d'un palier.

Cette situation s'explique du fait que la lixiviation étant un processus relativement lent, elle est favorisée par la durée. Mais comme la quantité d'acide diminue avec le temps, la vitesse de dissolution baisse également, et tend à se stabiliser, ce qui se traduit par la présence d'un palier.

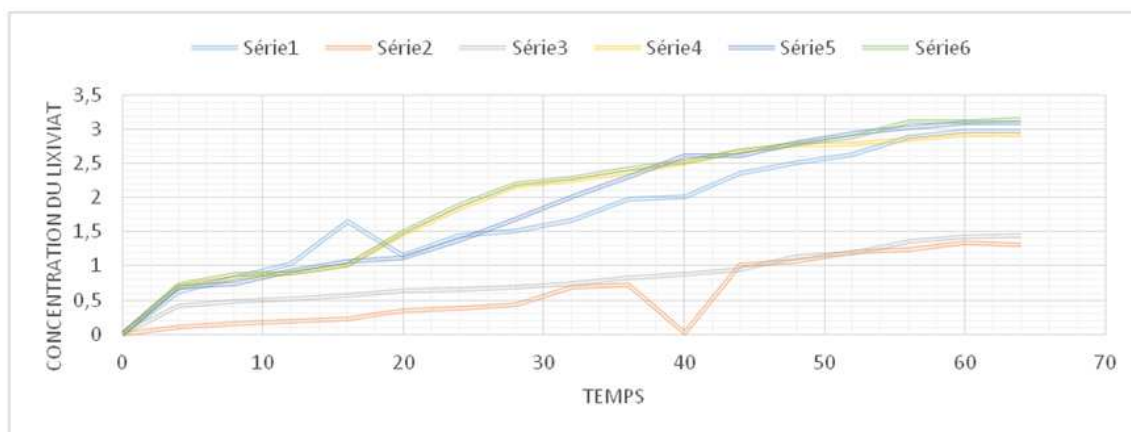


Figure 5 : Evolution du lixiviat en fonction du temps de lixiviation

5.3.3 INFLUENCE DE LA GRANULOMÉTRIE

Le tableau 7 montre qu'après le même nombre d'heures de lixiviation, le rendement augmente avec la finesse du minerai. En effet, après 64 heures, ce rendement varie de 37,9 à 74,9 % quand la granulométrie du minerai passe de 9423 à 850 microns.

Cette situation s'explique du fait que plus la particule est fine, plus sa surface spécifique est grande et plus la surface de contact minéral-solution est élevée, favorisant ainsi la dissolution.

Cependant, en lixiviant l'échantillon composite du même minerai, comme le montre le tableau 7, on obtient un rendement de lixiviation presque aussi élevé que celui que l'on enregistre avec les minerais fins, soit 70,8%.

Il en résulte qu'économiquement parlant, il est plus avantageux de traiter un minerai composite (minerai tout venant broyé pendant 5 minutes) que de lixivier le minerai par tranches granulométriques distinctes.

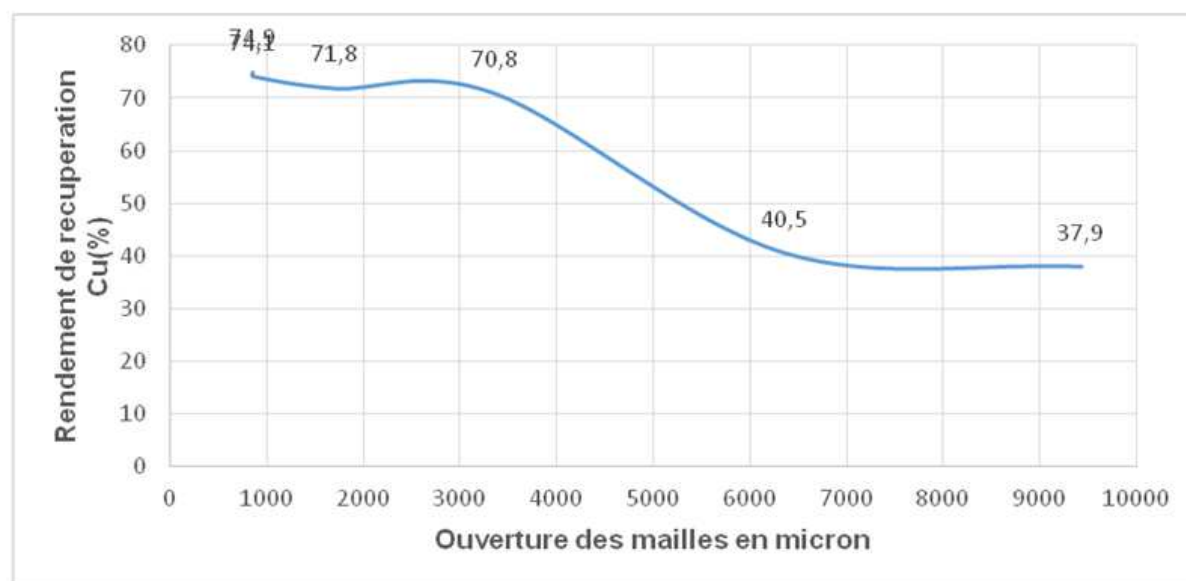


Figure 6 : le rendement en fonction de la taille des particules

5.3.4 INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN ACIDE

Le tableau 8 donne les résultats de lixiviation effectuée à acidité constante (70 g/l) sur un échantillon composite ; son pH= 0,69.

Ce tableau montre que le rendement Cu augmente avec le temps et qu'au bout de 64 heures, le rendement en Cu (74,1%) est supérieur à celui que l'on obtient dans la lixiviation acidité variable (70,8%). Il est donc plus avantageux de travailler à acidité constante plus tôt qu'à acidité variable, c'est-à-dire, sans réajustement de l'acidité pendant la lixiviation.

Cette situation s'explique par le fait que le Cu étant sous forme d'oxyde (CuO).

Le tableau 8 : Résultats de lixiviation effectuée à acidité constante (70 g/l) sur un échantillon composite

Temps de lix	4h	8h	12h	16h	20h	24h	28h	32h
Rendement Cu	18,70%	19,60%	24,80%	27,40%	28,60%	35%	42,20%	50,30%

	36h	40h	44h	48h	52h	56h	60h	64h
	57,50%	65,30%	65,30%	68,50%	71,60%	73,90%	74,10%	74,10%

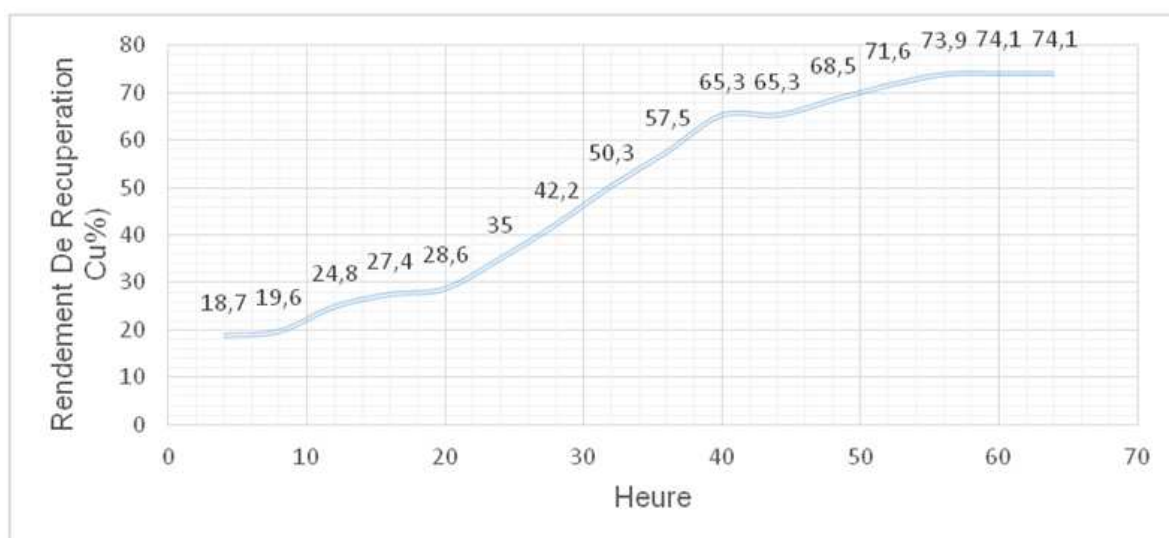


Figure 7 : évolution du rendement de lixiviation à acidité constante en fonction du temps pour un échantillon composite des minerais

5.3.5 INFLUENCE DU RÉDUCTEUR

Le tableau 9 donne les résultats de lixiviation effectuée sur un échantillon composite, à acidité constante (70g/l) et en variant le taux de réducteur, le métabisulfite de sodium.

Ce tableau montre que le rendement de lixiviation Cu reste quasi inchangé, quel que soit la concentration du réducteur utilisé. Mais, par contre, le rendement de lixiviation du Co augmente sensiblement avec la quantité de réducteur, au-delà d'une tonne de métabisulfite par tonne de Co.

Il est donc avantageux de travailler avec un échantillon composite à acidité constante, et en utilisant plus d'une tonne de métabisulfite par tonne de Co.

Tableau 9 : Résultats de lixiviation effectuée à acidité constante (70 g/l) et en variant le taux de métabisulfite.

Temps de lixiviation	64heures			
T de Mbs/t de Co	0,5	1	1,5	2
Rend Cu%	79,7	82,3	82,3	83,4
Rend Co%	78,6	84,6	85,9	87,2

Afin de réduire le cobalt trivalent (Co_2O_3) en cobalt bivalent (CoO), nous avons utilisé le métabisulfite de sodium.

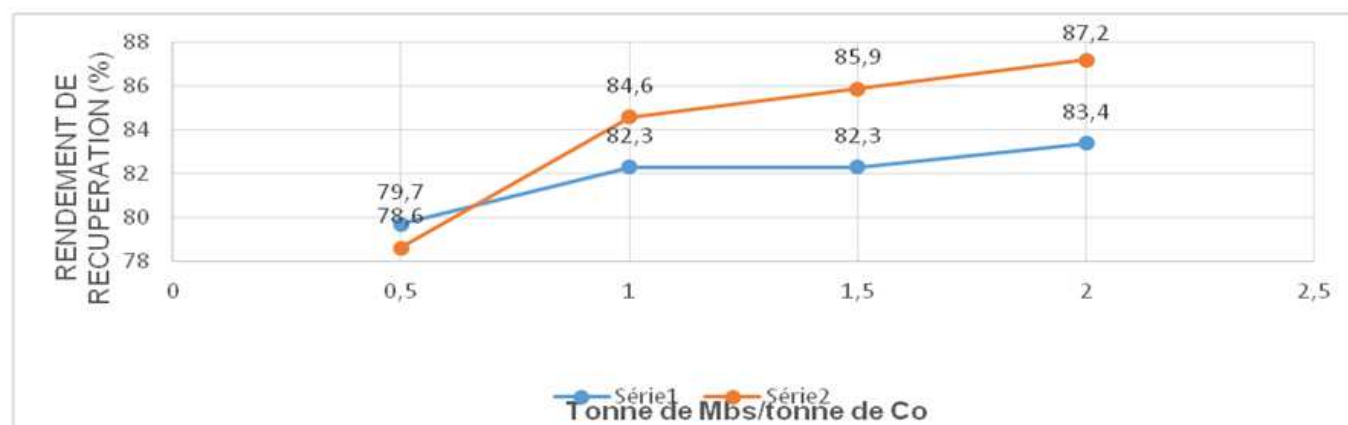


Figure 8 : Rendement de Récupération en fonction de la tonne de Mbs/tonne de Cobalt

6 CONCLUSION

Le minerai de Tilwezembe qui a fait l'objet de notre travail contient 1,64 % Cu et Co 0,60 % : il s'agit donc d'un minerai pauvre cupro-cobaltifère.

De l'étude de lixiviation en tas de ce minerai, il ressort ce qui suit :

- Le rendement de lixiviation du minerai brut reste faible bien qu'il augmente avec le temps.
- Le rendement de lixiviation augmente davantage après un broyage de cinq minutes du minerai brut quand le diamètre du d80 est de l'ordre de 1700µm.
- Le rendement de lixiviation effectuée sur différentes tranches granulométriques augmente avec la finesse du minerai. En effet, après 64heures, ce rendement varie de 37,9 à 74,9 % quand la granulométrie du minerai passe de 9423 à 850 micron.

Cependant, la lixiviation de l'échantillon composite du même minerai, donne un rendement de lixiviation voisin à celui que l'on enregistre avec les minerais fins, soit 70,8%.

Il en résulte qu'il est plus avantageux de traiter un minerai composite (minerai tout venant broyé pendant 5 minutes) que de lixivier le minerai par tranches granulométriques distinctes.

- Au bout de 64heures, le rendement Cu (83,4%) de lixiviation pratiquée à acidité constante est supérieur à celui que l'on obtient dans la lixiviation à acidité variable (70,8%), C'est-à-dire, sans réajustement de l'acidité pendant la lixiviation.
- Il est avantageux de travailler avec un échantillon composite à acidité constante et en utilisant plus d'une tonne de métabisulfite par tonne de cobalt.

Ainsi donc, c'est en travaillant avec un minerai dont le diamètre d80 est de 1700µm, un temps de lixiviation de plus de 64 heures, une acidité maintenue à 70g/l, et en servant de plus d'une tonne de métabisulfite que la Gécamines peut optimiser l'extraction des métaux contenus dans les minerais pauvres de Tilwezembe.

REFERENCES

- [1] C.B GILL FAYETTE, Non ferrous extractive metallurgy, John Wiley and sons, New York, 1980;
- [2] FATHI HABASHI, Principales of extractive metallurgy, volume 2, New York London, 1970;
- [3] G.A DAVIES, Separation processus in hydrometallurgy, society of chemical industry, London, 1987;
- [4] ILUNGA MUTOMBO, cours de métallurgie de métaux non ferreux, inédit, UNILU, 2004-2005 ;
- [5] M. JACOB-DULIERE, cours de métallurgie spéciale destiné aux étudiants de 5ème Mines de la faculté polytechnique de Mons, 1980-1981 ;
- [6] Roger RUMBU, Métallurgie extractive des non-ferreux - Pratiques industrielles Broché – 21 février 2013 ;
- [7] TERRE ROSENQVIST, Principles of extractive metallurgy, MC GrawHill book company, 1974.

Angiosarcome mammaire: A propos d'un cas

[Mammary angiosarcoma: About one case]

I. Rachidi¹, A. Abida², M.A. Benyahya², M. El Yousefi³, and S. Bargach³

Service de gynécologie obstétrique cancérologie et grossesse à haut risque,
Maternité Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2017 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: Angiosarcoma of the breast is a very rare conjunctive tumor. It is a primitive malignant proliferation of the endothelial cells of the vascular tissue of the gland. It occurs in both a primary form without a known precursor, and a secondary form that has been associated to a history of irradiated breast tissue. Both forms have a malignant behavior and a poor prognosis. We report a case of breast angiosarcoma diagnosed by histology and treatment consisting of a mastectomy supplemented by chemotherapy and radiotherapy.

KEYWORDS: cancer; breast; Radiology; Histology; Mastectomy.

RÉSUMÉ: L'angiosarcome du sein est une tumeur conjonctive très rare. Il s'agit d'une prolifération maligne primitive des cellules endothéliales du tissu vasculaire de la glande. Présente 2 formes primaire sans précurseur connu, et une forme secondaire après irradiation du sein. Les deux formes ont un comportement malin et un mauvais pronostic. Nous rapportons un cas d'angiosarcome du sein diagnostiqué par l'histologie et le traitement a consisté en une mastectomie complétée par chimiothérapie et radiothérapie.

MOTS-CLEFS: cancer; Sein; Radiologie; Histologie; Mastectomie.

1 INTRODUCTION

L'angiosarcome du sein est une tumeur maligne rare. Il représente 0,04% à 1% de l'ensemble des tumeurs malignes du sein et 8% des sarcomes mammaires [1,2]. Il s'agit d'une prolifération maligne primitive des cellules endothéliales du tissu vasculaire de la glande mammaire. Il se manifeste généralement par un tableau clinique polymorphe, souvent déroutant, qui est source de retard diagnostique.

Notre but, en rapportant un cas d'angiosarcome du sein est de mettre en exergue la rareté de cette tumeur agressive, sa difficulté de diagnostic et sa prise en charge thérapeutique.

2 CAS CLINIQUE

Il s'agit d'une femme marocaine, âgée de 66ans nulligeste, nullipare, ménopausée depuis 15ans. Elle a consulté pour nodule du sein droit ayant apparu deux mois avant sa consultation et ayant augmenté rapidement de volume. L'examen clinique a retrouvé une asymétrie des deux seins avec voussure au niveau du sein droit. A la palpation, il y'avait une énorme masse occupant les deux quadrants internes supérieur et inférieur du sein droit, de consistance ferme bien limitée, indolore, mobile par rapport aux deux plans. Le sein controlatéral est sans anomalies et les aires ganglionnaires sont libres. La mammographie a montré la présence au niveau du quadrant inféro interne du sein droit d'une opacité de forte densité

homogène de contours flous par endroit (Fig 1). L'échographie mammaire complémentaire a objectivé une volumineuse lésion de 8 × 6 cm hypoéchogène hétérogène, renfermant des zones kystiques de contours lobulés par endroit sans atténuation postérieur et vascularisée au doppler couleur (Fig 2). Le sein controlatéral est d'écho structure normale. Le balayage axillaire ne retrouve pas d'adénopathies aussi bien à droite qu'à gauche. Cet aspect échographique a soulevé la possibilité d'une tumeur d'origine vasculaire. L'échographie abdominale, la radiographie standard de poumon et la scintigraphie osseuse n'ont pas montré de localisations secondaires. La patiente a bénéficié d'une exérèse chirurgicale large avec examen extemporané (Fig 3), qui a objectivé un angiosarcome. Le traitement a été complété par une mastectomie droite. L'étude histologique de la pièce a révélé un angiosarcome de haut grade de malignité avec limites d'exérèse chirurgicale saines. Le traitement est complété par chimiothérapie suivie d'une radiothérapie sur la paroi. La patiente est en bon contrôle locorégional et à distance avec un recul d'un an.



Figure 1 : *mammographie du sein droit qui montre la présence au niveau du quadrant inféro interne d'une opacité de forte densité homogène de contours flous par endroit*



Figure 2 : échographie du quadrant infero interne du sein droit montre une volumineuse lésion de 8 × 6 cm hypoéchogène hétérogène, renfermant des zones kystiques de contours lobulés par endroit sans atténuation postérieure et vascularisée au doppler couleur



Figure 3 : pièce opératoire

3 DISCUSSION

L'angiosarcome a été décrit pour la première fois en 1907 [2]. Il est dû à la présence des cellules endothéliales qui tapissent la lumière des vaisseaux sanguins. Il se localise préférentiellement au niveau des tissus cutanés et sous-cutanés de la tête, des membres, du foie et au niveau du sein. Ce dernier, représente 9 % de l'ensemble des localisations. L'angiosarcome du sein est une tumeur rare, qui représente 0,04% à 1% des tumeurs malignes du sein et 8% des sarcomes mammaires [1]. Il est plus fréquent chez les jeunes femmes entre 20 et 50 ans avec des extrêmes de 14 à 82 ans [3]. Il existe deux formes de l'angiosarcome du sein :

- L'angiosarcome primitif, qui survient le plus souvent chez les femmes entre 20 et 50 ans et qui ne présente que 20% des angiosarcomes mammaires [7].
- L'angiosarcome secondaire, qui intéresse les femmes les plus âgées avec une moyenne d'âge de 69 ans, survenant après chirurgie conservatrice du sein et radiothérapie antérieure du sein [7].

Environ 6 à 12% des angiosarcomes primitifs sont diagnostiqués au cours de la grossesse, impliquant l'hypothèse de l'hormonodépendance soulevée déjà par certains auteurs à cause de la présence de récepteurs à l'œstrogène dans certains cas, qui restent rare, mais l'hypothèse reste contestée [9]. Dans notre cas, les récepteurs hormonaux sont négatifs. D'autres auteurs ont évoqué une prédisposition génétique au développement de cette tumeur. Sur le plan clinique, le mode de révélation est presque toujours l'apparition récente d'un nodule mammaire augmentant rapidement de volume [7]. C'est le cas pour notre patiente. Cependant, deux signes sont très évocateurs de l'angiosarcome et qui ont été absents pour notre cas : le caractère pulsatile de la tumeur et l'aspect violacé, angiomateux ou rougeâtre de la peau, en regard de la tumeur [5]. Parallèlement à l'examen clinique, les données d'imagerie sont aspécifiques voire trompeuses. L'angiosarcome du sein se présente comme une opacité parenchymateuse arrondie à contours nets et parfois polylobée, dense, homogène généralement de grande taille. Habituellement, l'angiosarcome du sein ne s'accompagne pas de calcifications. Cela est expliqué par le développement rapide de la lésion, ne laissant pas le temps aux dépôts de sels calcaire de se former [5]. Ce qui est le cas pour notre patiente. Dans les rares cas où les calcifications sont présentes, elles sont polymorphes et de taille assez grande [5]. D'autre part la rétraction et l'épaississement cutané en regard de la tumeur sont rarement décrits. Donc les caractères mammographiques peuvent être trompeurs simulant une lésion bénigne [5]. L'échographie retrouve une lésion hétérogène d'écho structure tissulaire avec des plages liquidiennes témoignant la présence de phénomènes nécrotiques ou hémorragiques, ce qui peut conduire à tort au diagnostic d'hématome mammaire. Le doppler couleur montre la présence d'une vascularisation intense caractérisée par de nombreux spots vasculaire [1]. Ce caractère hyper vascularisé est confirmé par les méthodes d'imagerie en coupes utilisant une injection de produit de contraste. Le rehaussement lésionnel est en effet net au scanner qu'à l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Au scanner, des structures tubulées d'allure vasculaire sont parfois mises en évidence au sein de la zone de rehaussement. A l'IRM, même si peu de descriptions ont été rapportées jusqu'à présent, le rehaussement ne survient qu'après deux minutes et s'intensifie à la 5ème minute. Il faut savoir aussi évoquer ce diagnostic devant la grande taille de la lésion, l'infiltration et l'épaississement œdémateux des tissus sous cutanés et l'hyper signal T2 franc. Par contre, certains auteurs ont rapportés l'existence d'un hypo signal persistant au sein de la lésion après injection. Devant l'absence de spécificité des méthodes d'imagerie, seule l'histologie permet d'affirmer le diagnostic [1]. La ponction aspiration à l'aiguille fine a été pratiquée par plusieurs auteurs mais sans résultats concluants [5]. De même, la biopsie avec des faux négatifs de 37% selon Chen et al [6]. La résection chirurgicale avec extemporané reste le meilleur choix, ce qui a été réalisé chez notre patiente. Le traitement consiste en une mastectomie totale. Le traitement conservateur en cas d'angiosarcome primitif est inacceptable [6]. La récurrence est de 23% contre 8% pour la mastectomie. Certains auteurs discutent l'indication du traitement conservateur si la taille de la tumeur est inférieure à 5 cm. Mais pas assez d'étude en littérature pour supporter cette hypothèse. Les limites d'exérèse doivent être saines. Du fait de la faible propension d'extension ganglionnaire, le curage axillaire n'est pas indispensable [4,7].

La chimiothérapie et la radiothérapie peuvent être utilisées comme traitement adjuvant vu le risque important de récurrence. Cependant, le rôle de la chimiothérapie adjuvante est mal défini en raison de la rareté des angiosarcomes du sein et de l'absence des études prospectives. Dans la plupart des cas traités avec chimiothérapies, les auteurs ont utilisé les Cyclophosphamides, l'Antracycline ou un agent Alkylant combiné à un analogue de la Pyrimidine [6]. Le Paclitaxel a montré d'excellents résultats dans un certain nombre d'études [6]. De nouveaux agents contre l'angiogenèse tels que le Bevacizumab ou le Rapamycine peuvent également être utiles. Pour la radiothérapie, elle est utilisée pour éviter les récurrences locorégionales, surtout lorsque les marges chirurgicales sont positives ou inférieures à 2 cm. Elle est utilisée aussi en cas de traitement palliatif [7].

La dissémination se fait par voie strictement sanguine et par conséquent, les métastases se localisent en premier dans le foie, les poumons, puis dans l'ensemble de l'organisme avec prédilection pour le tissu cutané, l'os, le cerveau, sans oublier le sein controlatéral [8]. Le pronostic de l'angiosarcome reste très sombre, cependant il dépend du grade, de la taille tumorale au moment du diagnostic et des marges d'exérèse chirurgicale [9]. Selon Rosen et al le taux de survie à 5 ans est de 76% pour les tumeurs de bas grade, et de 70% pour les tumeurs de grade intermédiaire, alors que pour les tumeurs de haut grade le taux de survie est de 15% [9].

4 CONCLUSION

L'angiosarcome est une tumeur vasculaire rare survenant soit spontanément chez une femme jeune, soit dans les suites d'une radiothérapie après traitement conservateur chez une femme plus âgée. Il faut savoir l'évoquer. Devant une tuméfaction du sein à croissance rapide, qui se traduit par un aspect mammographique souvent bénin et par une masse hétérogène à l'échographie, vascularisée au doppler. Le diagnostic histologique est difficile sur les microbiopsies et n'est pas souvent affirmé qu'après l'analyse de la totalité de la pièce opératoire. Le traitement consiste à une mastectomie radicale sans curage axillaire complétée par radiothérapie et parfois par chimiothérapie.

REFERENCES

- [1] CHAPIRON, C., ADJENOU, V., ARBION, F., *et al.* Angiosarcome du sein: caractéristiques échographiques, mammographiques et IRM: À propos de deux cas. *Journal de radiologie*, 2004, vol. 85, no 12, p. 2035-2038.
- [2] CHAMPEAUX-ORANGE, E., BONNEAU, C., RAHARIMANANA, B., *et al.* Angiosarcome mammaire primitif: à propos de deux cas. *Cancer/Radiothérapie*, 2009, vol. 13, no 3, p. 209-212. MLA
- [3] BERROHO, K., IRAQI, M., ACHIQ, A., *et al.* Angiosarcome du sein: à propos de deux cas. *Journal Africain du Cancer/African Journal of Cancer*, 2011, vol. 3, no 3, p. 199-203.
- [4] BHOSALE, Suresh Jaywantrao, KSHIRSAGAR, Ashok Yadavrao, PATIL, Mandar Vilas, *et al.* Primary angiosarcoma of breast: A case report. *International journal of surgery case reports*, 2013, vol. 4, no 4, p. 362-364.
- [5] ELWADY, N., OUSEHAL, A., ALIBOU, F., *et al.* Angiosarcome du sein. Aspects radiologiques: À propos d'un cas. *Journal de radiologie*, 2000, vol. 81, no 1, p. 50-53.
- [6] DESBIENS, Christine, HOGUE, Jean-Charles, *et* LÉVESQUE, Yves. Primary breast angiosarcoma: avoiding a common trap. *Case reports in oncological medicine*, 2011, vol. 2011.
- [7] ARORA, Tania K., TERRACINA, Krista P., SOONG, John, *et al.* Primary and secondary angiosarcoma of the breast. *Gland surgery*, 2014, vol. 3, no 1, p. 28-34.
- [8] BENNANI, Amal, CHBANI, Layla, LAMCHAHAB, Meryem, *et al.* Primary angiosarcoma of the breast: a case report. *Diagnostic pathology*, 2013, vol. 8, no 1, p. 1.
- [9] Hammedi F, Fouli S, Hadhri R, Njim L, Njima M, Limam S, Moussa A, Zakhama A. Primary angiosarcoma of the breast: A case report. *OA Case Reports* 2013; 2(11):104.

Tuberculose mammaire: à propos de 3 cas

[Mammary tuberculosis: about three cases]

I. Rachidi, A. Mohattane, N. Abounouh, A. Ansari, S. Amrani, and S. Bargach

Service de gynécologie obstétrique cancérologie et grossesse à haut risque,
Maternité Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2017 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: Mammary tuberculosis is a rare disease even in endemic countries, accounts for 0.07% of all tuberculous sites and 0.025% to 4.5% of all breast tumor diseases. There is renewed interest in the spread of AIDS in developed countries. We report three cases of mammary tuberculosis, the diagnosis of which could only be based on the histology seen in the multiplicity and non-specificity of its clinical and radiological aspects.

KEYWORDS: extra pulmonary tuberculosis, breast, abscess, nodule, breast cancer, histology.

RESUME: La tuberculose mammaire est une affection réputée rare même en pays d'endémie, représente 0,07% de toutes les localisations tuberculeuses et 0,025% à 4,5% de toutes les affections tumorales du sein. Elle suscite un regain d'intérêt à la suite de la recrudescence du sida dans les pays développés.

Nous rapportons trois cas de tuberculose mammaire dont le diagnostic n'a pu être posé que sur l'histologie vue la multiplicité et la non spécificité de ses aspects cliniques et radiologiques.

MOTS-CLEFS: tuberculose extra pulmonaire, sein, abcès, nodule, cancer du sein, histologie.

1 INTRODUCTION

La tuberculose mammaire est une localisation extra pulmonaire de la tuberculose. Elle est due à des bactéries appartenant à la famille des mycobactérium. Astely Cooper en a fait la première description en 1829 comme étant une tumeur mammaire froide [1]. La tuberculose mammaire vient au dernier rang des localisations viscérales de la tuberculose. Webster trouve que sur 34 femmes décédées de miliaire, le seul organe non atteint été le sein [2]. En effet la tuberculose mammaire est souvent prise pour une lésion cancéreuse vue les ressemblances cliniques et radiologiques, et le diagnostic ne peut être porté que par l'examen anatomopathologique et la mise en évidence du mycobactérium à l'étude bactériologique. Nous rapportons trois cas de tuberculose mammaire et à travers les données de la littérature nous mettrons le point sur les différents aspects de cette pathologie.

2 OBSERVATIONS

2.1 OBSERVATION 1

Madame H. M âgée de 20 ans primipare vaccinée, sans notion de contag tuberculeux, qui consulte pour abcès récidivant du sein droit depuis 1 an, ne répondant pas à un traitement anti staphylococcique bien conduit. L'examen clinique retrouve un abcès occupant le quadrant infero interne du sein droit et une cicatrice d'une ancienne fistulisation au niveau du quadrant

supero interne avec adénopathie homolatérale axillaire d'allure inflammatoire [fig1]. La mammographie n'a pas été réalisée vue l'âge de la patiente. L'échographie mammaire a objectivé une collection à cheval entre les quadrants internes du sein droit hétérogène a contenu impur mesurant 39×33mm avec tendance à la fistulisation et épaissement cutané en regard avec discrète ectasie canalaire a contenu impur en rapport avec une galactophorite et adénopathie axillaire homolatérale d'allure inflammatoire [fig2]. Un drainage de l'abcès a été décidé avec la réalisation de multiples biopsies chirurgicales. L'examen anatomopathologique a objectivé un granulome épithelio-giganto-cellulaire centré par une nécrose caséuse. La radiographie du thorax été normale, et aucune autre localisations tuberculeuse n'a été trouvée . la patiente a été mise sous poly chimiothérapie antituberculeuse Rifampicine(R), Isoniazide(H), Pyrazinamide(Z) et Ethambutol(E) pendant 2 mois puis Rifampicine et Isoniazide pendant 4 mois avec bonne évolution sur le recul de 2 ans.

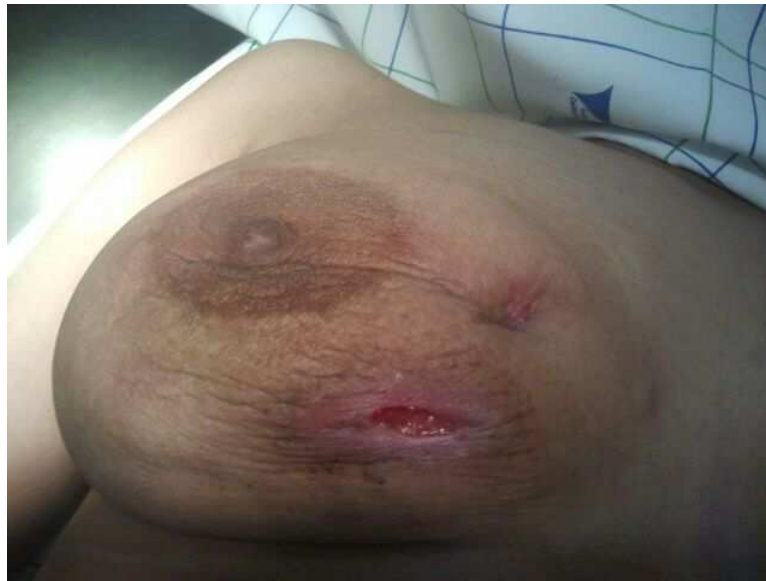


Figure 1 : Abscès au niveau du quadrant infero-interne du sein droit avec cicatrice d'une ancienne fistulisation au niveau du QSI



Figure 2 : Echographie du sein droit qui montre une collection à cheval entre les quadrants internes du sein droit hétérogène mesurant 39×33mm

2.2 OBSERVATION 2

Madame E. R âgée de 64ans G6P6, ménopausée depuis 8 ans, non vaccinée avec notion de spondylodiscite tuberculeuse il y 'a 4 ans traitée. Elle s'est présentée au sein de notre formation pour nodule du sein gauche apparu depuis six mois n'ayant pas augmenté de volume. L'examen a trouvé un nodule du quadrant inféro interne gauche en para aréolaire mesurant 2cm mobile par rapport aux 2 plans sans signes inflammatoires en regard, et sans adénopathies satellites. Le sein droit est sans anomalies. La mammographie a objectivé une opacité du quadrant inféro interne du sein gauche juxta aréolaire ovalaire bien limitée de contours réguliers et de tonalité hydrique **[fig3]**. L'échographie mammaire a montré une image nodulaire au niveau du quadrant inféro interne à 1cm du mamelon réniforme bien limitée enchâssée dans la graisse sous cutané avec centre hyperechogène vascularisé au doppler couleur mesurant 17×18mm faisant évoquer une adénopathie en premier **[fig4]**. Une micro biopsie a été réalisée et a objectivé un granulome epithelio giganto cellulaire avec nécrose caséeuse. Le diagnostic de tuberculose mammaire a été retenu, la radiographie du thorax été normale. La patienta a été considérée comme rechute et a été mise sous traitement anti bacillaire sous le schéma suivant 3RHZE/5RHE . avec bonne évolution sur le recul de 1 an.



Figure 3 : Mammographie objectivant une opacité du quadrant inféro-interne du sein gauche juxta aréolaire ovalaire bien limitée de tonalité hydrique



Figure 4 : échographie du QII qui montre à 1 cm du mamelon une image nodulaire avec centre hyperéchogène enchâssée dans la graisse sous cutané

2.3 OBSERVATION 3

Mme Z. F âgée de 46ans toujours réglée G3P3 non vaccinée et sans antécédents médico- chirurgicaux particuliers, notamment pas de notion de contagé tuberculeux, qui présente deux nodules au niveau du sein droit apparus six mois avant sa consultation. L'examen clinique trouve deux nodules, les premiers au niveau du quadrant supéro-interne de 3 cm de grand axe régulier adhérent au plan superficiel sensible à la palpation. Le deuxième se situe au niveau du quadrant inféro interne en retro aréolaire de 4cm x3cm de grand axe. La mammographie a objectivé une masse de tonalité hydrique de contours flous irréguliers en retro aréolaire droit qui s'associe à trois autres opacités de même caractéristiques au niveau du quadrant supéro interne droit [fig5] L'échographie mammaire a montré en retro aréolaire droit une formation grossièrement ovalaire de contours irréguliers hypo échogène hétérogène mesurant 33x15mm associée à une coulée tumorale au niveau du quadrant supéro interne droit. La patiente a bénéficié d'une micro biopsie ayant objectivé des remaniements inflammatoires subaiguës non spécifiques. Devant la discordance anatomo-radiologique et histologique, la patiente a bénéficié d'une tumorectomie large avec examen extemporané qui a objectivé un infiltrat inflammatoire polymorphe avec granulome epithelio- giganto- cellulaire et nécrose caséuse. La radiographie du thorax été normale et aucune autre localisation tuberculeuse n'a été retrouvée. La patiente a été mise sous poly chimiothérapie anti tuberculeuse 2RHZE/4RH.

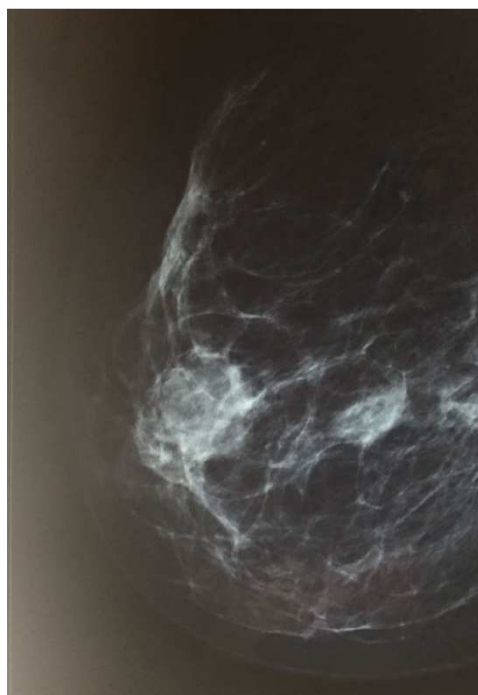


Figure 5 : mammographie du sein droit qui montre une masse de tonalité hydrique de contours flous irréguliers en retro aréolaire droit qui s'associe à trois autres opacités de même caractéristiques au niveau du quadrant supéro interne droit

3 DISCUSSION

La tuberculose mammaire est une pathologie extrêmement rare, sa fréquence varie de 0,06% à 0,1% de l'ensemble des localisations tuberculeuses [1]. Et ne représente que 0,5 à 4,5% de toutes les pathologies mammaires [2]. La rareté de cette forme clinique pourrait être expliquée par le fait que le tissu mammaire semble peu propice à la survie et la multiplication du bacille tuberculeux [1]. Depuis première description de la tuberculose mammaire par Astely Cooper en 1829 comme étant une tumeur froide du sein, près de 900 autres cas ont été rapportés [3]. L'Asie compte le plus grand nombre de cas publiés avec 45,2% des cas, suivie de l'Afrique noire (27,4%), de l'Afrique du nord (17,2%), de l'Europe (16,2%) et enfin l'Amérique (4%) [1]. Elle touche dans 95% la femme en période d'activité génitale entre 20 et 50 ans, et ses facteurs de risque sont la multiparité, l'allaitement, les traumatismes mammaires, la mastite chronique et le sida [4]. Il est à noter que 21 cas ont été décrits chez l'homme [4]. La tuberculose mammaire est dite primitive en l'absence de toutes autres localisations tuberculeuses, c'est la situation la plus fréquente. La voie de contamination dans ce cas est directe à la suite d'une abrasion cutanée ou galactophorique. Elle est dite secondaire quand elle est suite à d'autres localisations c'est le cas pour notre patiente (cas 2), le sein est contaminé le plus souvent par voie lymphatique à partir d'adénopathies intra thoraciques, cervicales, susclaviculaires ou axillaires, par contiguïté ou plus rarement par voie hématogène [1-4]. Les symptômes de la tuberculose mammaire évoluent sur une assez longue période, mais le délai entre les premiers signes et le moment du diagnostic est souvent inférieur à un an [2]. Les manifestations cliniques sont insidieuses et non spécifiques [5], elles sont très polymorphes réalisant un tableau de néoplasie mammaire ou d'abcès froid d'évolution torpide malgré une antibiothérapie classique et un drainage chirurgical [1-5]. L'atteinte du tissu glandulaire appelée aussi lobulite tuberculeuse ou tuberculose mammaire profonde réalise une formation nodulaire de taille variable, de consistance ferme ou dure à contours flous, siégeant principalement au niveau quadrant supéro-externe. On peut également observer soit un abcès froid qui évolue vers la fistulisation à la peau et laissant sourdre un liquide caséeux, soit une miliaire très rare qui se voit en cas de granulie généralisée [4]. L'atteinte du galactophore ou galactophorite tuberculeuse appelée aussi tuberculose mammaire superficielle est moins fréquente et se manifeste par un nodule péri mamelonnaire mal limité rétractant le mamelon, un écoulement mamelonnaire sanglant ou liquide d'aspect séreux ou brunâtre rythmé par les règles. Des adénopathies axillaires, sus claviculaires ou cervicales sont présentes dans 75% des cas, mobiles parfois volumineuses et bilatérales, elles peuvent constituer le motif de consultation [4]. L'atteinte est souvent unilatérale, la bilatéralité ne serait observée que dans 3% des cas [1-6]. Les signes généraux sont représentés par l'asthénie, l'anorexie, l'amaigrissement et le fébricule vespérale mais n'ont aucune valeur diagnostique.

Sur le plan radiologique il n'existe pas de signes mammographies spécifiques de la tuberculose mammaire. La mammographie montre plutôt des images suspectes, étant donné ce manque de spécificité, la mammographie ne présente qu'un élément d'orientation diagnostique. L'échographie est aussi peu spécifique en cas de tuberculose mammaire, elle montre souvent une image hypoechogène, hétérogène mal limitée avec renforcement postérieur minime ou bien une image hypoechogène hétérogène bien limitée avec renforcement postérieur et quelques calcifications. Ces 2 aspects posent un problème de diagnostic différentiel respectivement avec les cancers du sein et avec les adénofibromes anciens remaniés [7-8]. L'hémogramme est souvent normal [9]. L'intradermoréaction à la tuberculine est habituellement positive en zone d'endémie, ce test est sensible mais peu spécifique car sa négativité n'exclut pas le diagnostic [9]. Le diagnostic de certitude est bactériologique et se base sur la découverte de *Mycobacterium tuberculosis* dans le liquide de cytoponction ou dans le prélèvement de pus. Mais cette éventualité est rare car le bacille tuberculeux n'est retrouvé que dans 25% des cas [9-10]. De ce fait un prélèvement biopsique mammaire en vue d'un examen anatomopathologique est capital. Il peut s'agir d'une biopsie par excision chirurgicale complète ou partielle ou par carottage de la lésion ou encore par punch ou curetage trajet fistuleux. L'histologie montre dans 95% des cas un granulome épithélioïde et géant-cellulaire avec nécrose caséuse centrale pathognomonique d'une lésion tuberculeuse [7]. Dans notre étude, la nécrose caséuse a constitué un critère fondamental pour poser le diagnostic de tuberculose mammaire. L'histologie permet également d'éliminer une lésion cancéreuse. L'association tuberculose et cancer du sein a été rapportée mais demeure extrêmement rare de l'ordre de 1% [8-11]. En effet la présence de BK à l'examen bactériologique risque d'instaurer un traitement antituberculeux sans preuve histologique. Après avoir eu la preuve histologique et/ou bactériologique de tuberculose mammaire l'attitude thérapeutique est identique à celle adoptée pour les autres localisations tuberculeuses [14], après un geste à minima comportant un drainage des collections purulentes associé à une excision du tissu nécrosé, une poly chimiothérapie anti bacillaire est instaurée. Par ailleurs dans certaines conditions de résistance aux traitements antituberculeux ou de maladies localement avancées une mastectomie peut être proposée dans un but thérapeutique [12-13]. Le contrôle de la compliance de la patiente et la surveillance de l'efficacité et de la tolérance du traitement s'impose, dans tous les cas l'évolution sous traitement bien conduit est habituellement favorable [11-14]. Au Maroc, la tuberculose est un fléau non seulement médical mais aussi social et économique faisant de cette lutte contre la tuberculose un des objectifs prioritaires de la santé publique [4-7].

4 CONCLUSION

La tuberculose mammaire est une affection rare même dans les pays endémiques, pose des problèmes de difficulté diagnostique aussi bien clinique que paraclinique. L'association avec un cancer du sein est possible. Devant un tableau évocateur de tuberculose, des biopsies avec examen anatomopathologique s'avèrent essentiels.

Le traitement anti bacillaire reste l'élément fondamental dans l'arsenal thérapeutique de la tuberculose mammaire alors qu'une chirurgie conservatrice n'occupe qu'une place secondaire.

REFERENCES

- [1] A. HAWILO, R. ABDELMALEK, A. MEBAZAA *et al.* La tuberculose mammaire: un diagnostic rare, souvent méconnu. *Médecine et Santé Tropicales*, vol. 22, no. 3, pp. 292-296, 2012.
- [2] RAJAONARISON, J. J. C., RAKOTONDRAISOA, J. M., RASOANANDRIANINA, B. S., *et al.* Un nouveau cas de tuberculose primitive mammaire.
- [3] HAFIDI, M. R., KOUACH, J., HAMIDI, L. A., *et al.* TUBERCULOSE MAMMAIRE A PROPOS DE DEUX CAS Mammary tuberculosis about two cases. *Mali Médical*, vol. 26, no 2, 2011.
- [4] LAZRAK, Ikram, FAGOURI, Houda, BABAHABIB, M. A., *et al.* Mammary Tuberculosis: About one case. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 8, no 2, p. 586-590, 2014.
- [5] KUMAR, Manoj, CHAND, Gyan, NAG, Vijaya Lakshmi, *et al.* Breast tuberculosis in immunocompetent patients at tertiary care center: A case series. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, vol. 17, no 2, p. 199, 2012.
- [6] BEN BRAHIM, H., LOUSSAIEF, C., HADDED, A., *et al.* La mastite tuberculeuse: étude de 15 cas. *Rev Tun Infectiol*, vol. 2, no 3, p. 31-34, 2008.
- [7] ZEKRI, H., BOUFETTAL, H., BENNANI, O., *et al.* La tuberculose mammaire à propos de 10 cas. *Journal Marocain des Sciences Médicales*, vol. 17, no 2, 2013.
- [8] LEE, Chang Haur et SHARIF, Siti Zubaidah. Primary breast tuberculosis (TB) in a patient with known invasive breast carcinoma: A case report. *The Medical journal of Malaysia*, vol. 71, no 3, p. 149, 2016.

- [9] ZOUHAL, A., OUTIFA, M., FILALI, A., *et al.* Les tumeurs pseudo néoplasiques du sein: La tuberculose mammaire à propos de 2 cas. *Médecine du Maghreb*, vol. 82, p. 11-14,2000.
- [10] AGODA-KOUSSEMA, L. K., DJIBRIL, A. M., ADJENOU, K. V., *et al.* Tuberculose mammaire: à propos d'un cas (Breast tuberculosis: a case report). *Journal Africain d'Imagerie Médicale*, vol. 6, no 3,2014.
- [11] MARINOPOULOS, Spyridon, LOURANTOU, Dionysia, GATZIONIS, Thomas, *et al.* Breast tuberculosis: Diagnosis, management and treatment. *International journal of surgery case reports*, vol. 3, no 11, p. 548-550,2012.
- [12] Fatnassi, R., Mkinini, I., Kaabia, O., Ragmoun, H., Hamdi, A., Essaidi, H., & Khairi, H. (2014). Breast Tuberculosis Report of Two Cases. *Gynecology & Obstetrics*, 2014.
- [13] AFRIDI, Shahida Parveen, MEMON, Aisha, REHMAN, S. U., *et al.* Spectrum of breast tuberculosis. *J Coll Physicians Surg Pak*, vol. 19, no 3, p. 158-61, 2009.

OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SURFACE WATER, SEDIMENT AND SOME AQUATIC ORGANISMS SAMPLED FROM OLOGE LAGOON, AGBARA, LAGOS, NIGERIA

Joseph Aderinola Oluwatoyin¹, Victor Kusemiju¹, A.A. Adu², and O.O. Babalola¹

¹Department of Zoology and Environmental Biology, Faculty of Science, Lagos State University, Lagos, Nigeria

²Department of Botany, Faculty of Science, Lagos State University, Lagos Nigeria

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study, some heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Zn and Pb) were determined in water, sediment and some tissues of *Parachanna obscura*, *Cardisoma amarantum*, *Peanus monodon* and *Helix aspersa* from Ologe Lagoon which is situated in the Agbara Industrial Estate section of Lagos State, Nigeria. This is important because it is open to surrounding industries which deposit their wastes into it. The samplings of the specimens and water matrix were done as describe by American Public Health Association procedure. The samples after treatment were taken to the laboratory for the determination of heavy metal levels in water, sediment and organisms samples by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) as described by American Public Health Association. The obtained results showed that the average values Alkalinity, BOD Dissolved Oxygen and Fe in water samples were higher than the recommended values for fresh water as stated by W.H.O. Results for levels in water were compared with national and international water quality guidelines. The analysis of heavy metals in sediments indicated that among the six heavy metals tested Fe was maximally accumulated, followed by Zn Cu, Cr, Pb and Cd. The organisms showed bioaccumulation in the following pattern: Fe > Zn > Cu > Cr > Cd > Pb. In the Crab samples, cadmium, chromium, nickel and lead concentrations exceeded the tolerable values provided by international institutions. (Maximum values; Fe - 874.00 mg/g, Cu – 1.71 mg/kg, Pb – 0.02mg/kg, Cd – 0.01mg/kg, Zn – 13.78 mg/kg) and minimum bioaccumulation was recorded in the fish fry (Fe - 135.1mg/kg, Cu 0.45mg/kg, Cr 0.02mg/g, Pb 0.01mg/kg, Cd – 0.01mg/kg, Zn – 3.85mg/kg). The values recorded in this study revealed that apart from Cd, Cr, Pb and Cu the Fe and Zn were present in proportions that calls for concern. And for the rest left, even if their concentrations are not in worrying amounts now, over time the continuous intake into the body of living organisms would result in bio-accumulation of these metals and this may have injurious long term effects on both the environment and the organisms. In light of this study it is reasonable to deduce that fish obtained from Ologe Lagoon is unsafe if it is to be eaten by humans. Baring this discovery, appropriate agencies should be called into action to check these substances as soon as possible.

KEYWORDS: Ologe lagoon, heavy metals, Pollution, Crabs, fish, Prawn, surface water and Sediments.

1 INTRODUCTION

Ologe lagoon is a deep freshwater river along Baadagry Express-way in Lagos, Nigeria. The lagoon is of economic importance to the indigenes of Agbara, Ijanikin and the Agbara Industrial Estate that surround the water. Consequently, the people around the lagoon were able to use the lagoon for various purposes such as fishing, sand mining, and other domestic uses. The lagoon empties into Badagry creek which eventually empties into Lagos lagoon and finally into the Atlantic Ocean. The lagoon receives copious amounts of wastes from industries and abattoirs sited around its course. Industrial discharge structures can release large volumes of effluent containing a variety of potentially harmful substances into the aquatic environment. Metals and other trace elements are common byproducts of industrial processes and as a consequence are anticipated to be components of typical industrial waste streams that may enter the aquatic environment (Kennish

,1998). Although research has shown that disposal of various waste materials into rivers, estuaries, and marine waters is not a modern phenomenon; this practice has been used as a preferred disposal option virtually since the beginning of human civilization (Ludwig and Gould 1988; Islam and Tanaka 2004). Nevertheless, when the full spectrum of emissions from land-based activities is taken into account, the use of coastal waters as a repository for anthropogenic waste has not previously been practiced on as large or intense a global scale as in recent decades (Williams 1996). In Lagos and other mega cities, growing human population densities in coastal communities have manifested a demonstrably adverse effect on aquatic resources. The scientific literature is replete with evidence of inorganic and organic pollutant accumulation in coastal waters from anthropogenic effluents (e.g., Ragsdale and Thorhaug 1980; Tessier et al. 1984; Phelps et al. 1985; Long E et al. 1995; Pastor et al. 1996; Smith et al. 1996; Chapman and Wang 2001; Hare et al. 2001; O'Connor 2002; Robinet and Fenteun 2002; Wurl and Obbard 2004).

Contaminants enter our waterways through two generic vectors: point and nonpoint sources.

Pollutants of nonpoint source origins tend to enter aquatic systems as relatively diffuse contaminant streams primarily from atmospheric and terrestrial sources. In contrast, point source pollutants generally are introduced via some type of pipe, culvert, or similar outfall structure. These discharge facilities typically are associated with domestic or industrial activities, or in conjunction with collected runoff from roadways and other developed portions of the coastal landscape.

Sediments form a natural buffer and filter system in the material cycles of waters. Sediment in our rivers is an important habitat as well as a main nutrient source for aquatic organisms.

Furthermore, sediments have an impact on ecological quality because of their quality, or their quantity, or both (Stronkhorst et al., 2004). Waters are subject to strong variations of flow rate, substance input and transport, and sedimentation. Sediment analysis is increasingly important in evaluating qualities of the total ecosystem of a body of water, in addition to the water sample analysis practiced for years. In comparison to water testing, sediment testing reflects the long-term quality situation independent of current inputs (Hodson, 1986; Haslam, 1990). In water testing it is not possible to clearly divide between true suspension substances and temporary suspension substances stirred-up from the sediments. Sediment testing is not, or only minimally, affected by other influences.

The suspended and precipitated (non-floating) substances and organic substances in waters are capable of adhering pollutant particles (adsorption). The sediments, both suspended and precipitated substances stored on the water bottom, form a reservoir for many pollutants and trace substances of low solubility and low degree of degradability (Biney et al., 1994; Barbour et al., 1998, 1999). Pollutants are conserved in sediments over long periods of time according to their chemical persistence and the physical-chemical and biochemical characteristics of the substrata. This can also allow conclusions to be drawn regarding sources of contamination.

This work presents the results of our field study, which assessed seasonal and spatial changes in the physico-chemical parameters and nutrient load of pore water of sediments of randomly selected rivers in Ibadan, a metropolitan city in Nigeria

2 THE STUDY AREA

The study was carried out on Ologe lagoon in the Agbara Industrial Estate section of Lagos state. The lagoon is supplied on one end by the Owo River and from the other side the waters coming in from Ojo creeks. Due to the level of pollution of the water body most of the rural dwellers are not fishermen or associated artisans, most of the activities going on here involved sand miners. Ologe lagoon is particularly significant in this study because it is surrounded by major companies that produce a wide variety of waste materials.

3 SAMPLES COLLECTION

3.1 WATER SAMPLES

The water samples were collected directly from the surface of the lagoon. The water was collected into a clean one litre plastic bottle with tightly a fitted screw lid correlating with standards set by APHA *et al.*, 2005. The samples were collected mid-stream at a depth of about 15-20cm below the surface of the water, the sample collected was to be analysed for heavy metals like Lead, Zinc and Cadmium and stored in a refrigerator in the laboratory until all other sample treatment and digestion was completed to prevent decay and disintegration of chemical and biological elements contained within.

3.2 SEDIMENT

The sediment sample was collected from the banks of the lagoon directly into a sample bottle with a plastic screw lid and was also stored in the laboratory refrigerator before it was treated and then the filtrate extracted and packed into a clean plastic sample vial.

3.3 ORGANISMS

The fish, crab and shrimp samples were collected using both round framed and d-framed sediment sieves. Collection had to be done early in the morning when the organisms are closest to the surface of undisturbed water. Most of the samples collected were at their early post-larval stage and as such, organs could not be extracted.

3.4 DIGESTION OF SAMPLES

The obtained specimens (*P. obscura*, *H. aspersa*, *P.mondon*, *C. amaratum* and the soil sediment sample) were first weighed and on determination of their weights, 10 gms of each were treated with 10 mls of concentrated nitric acid (HNO₃) and 10mls of concentrated hydrochloric acid (HCL) and the samples were left to digest for two days. The samples, after the digestion were filtered using filter papers and the filtrate were diluted to 25 mls and after which they were poured into sterile, plastic sample containers. The containers were tightly covered and then sent to laboratory for analysis. This exercise was repeated three times to obtain the mean values that were used in this project

4 RESULTS

The result of water quality of Ologe lagoon was as shown in Table 1. That of bioaccumulation in sampled organisms and soil sediment is in table 2

Table 1: Water quality of Ologe lagoon

S/N	PARAMETERS	Water	W.H.O. Standard
1	pH @ 25°C	7.52	6.0 – 9.0
2	Conductivity, µS/cm	95.3	2500
3	TSS, mg/l	7	<100
4	TDS ,mg/l	49.0	1250
5	Salinity, ppt	0.11	
6	Acidity, mg/l	6.9	>6.0
7	Alkalinity, mg/l	12.8	<9.0
8	Total Hardness, mg/l	8.22	750
9	DO, mg/l	4.1	>3.0
10	BOD5, mg/l	4	<1
11	COD, mg/l	10.1	25
12	Chloride, mg/l	28.8	175
13	Nitrate, mg/l	0.88	3.0
14	Sulphate, mg/l	2.1	625
15	Phosphate, mg/l	0.32	0.25
16	Calcium, mg/l	2.50	750
17	Magnesium, mg/l	0.45	0.2
18	Zinc, mg/l	0.041	2.0
19	Iron, mg/l	0.091	5.0
20	Copper, mg/l	< 0.001	0.2
21	Cadmium (mg/l)	< 0.001	0.01
22	Lead (mg/l)	< 0.001	0.05
23	Chromium (mg/l)	< 0.001	0.05
24	Manganese (mg/l)	0.014	0.05

Table 2: Results of heavy metals bioaccumulation in organisms and soil sediment of Ologe lagoon

PARAMETER	Analysed Samples					W.H.O. Standard
	Crab	Helix	Fish	Prawn	Sand	
Iron (mg/kg)	874.00	600.35	135.1	523.813	420.75	15 mg/kg
Copper (mg/kg)	1.71	1.18	0.45	1.66	0.35	2 mg/kg
Chromium(mg/kg)	0.08	0.06	0.02	0.07	0.01	0.001 mg/kg
Lead (mg/kg)	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.005 mg/kg
Cadmium (mg/kg)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005 mg/kg
Zinc (mg/kg)	13.78	15.63	3.85	24.23	7.55	17mg/kg

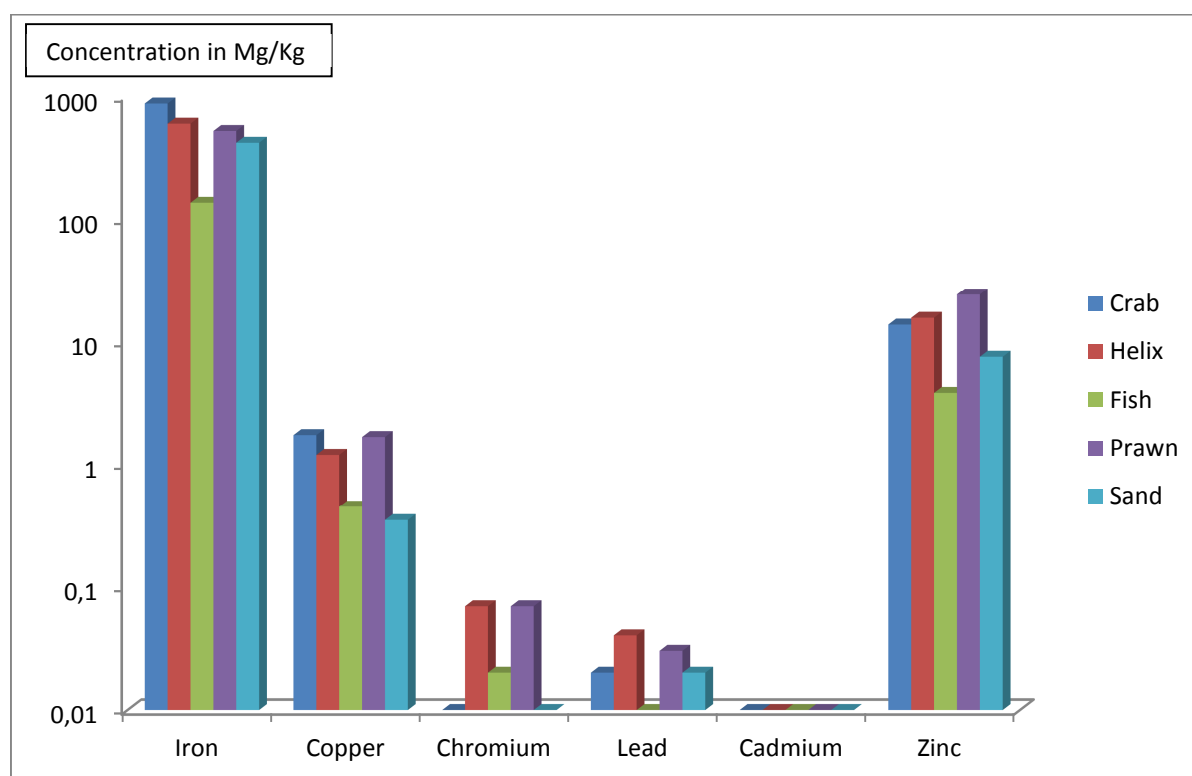


Figure 1: Concentration of heavy metals in the organisms and soil collected from Ologe lagoon

The result of the water quality of Ologe lagoon as indicated in table 1 showed that with the exception of alkalinity, dissolved oxygen and biological oxygen demands, the other parameters were within the acceptable limit of World Health Organization. This is an indication that the water quality of Ologe lagoon may at any period of the year depart from good quality condition to poor condition. This may have ecological effects on the organisms that are denizen in that ecosystem

With regards to the bioaccumulation study of the habitat, result showed that of all the stated elements, iron stood out most notably with overwhelming figure across all the samples analysed (Iron (mg/Kg); Crab – 874.0, Helix - 600.3582, Fish – 135.1, Shrimp – 523.813, Sand – 420.75) . The rest of which were below significant levels.

Looking at the organisms one by one, the result showed that different organisms bioaccumulat metals differently. In the case of fish species which is *Parachanna obscura*, the organism bio-accumulated the least on the average, the levels are given as thus; iron 135.1; copper 0.45; chromium 0.07; lead – 0.04; cadmium – 0.02; and zinc 3.85.

In the crab, *Cardisoma amarantuma* bioaccumulated the highest concentration of metals, the values are given as thus in mg/kg; Iron – 874.0, Copper – 1.72, Chromium 0.08, Lead – 0.02, Cadmium - 0.01, Zinc – 13.78. The rest had values that were below significant and even detectable levels.

5 DISCUSSION

The concentrations of the detected heavy metals in surface water of Ologe Lagoon, sediment and the living organisms obtained from the site are shown on the tables 1, 2 and 3 above. The highest significantly being Iron all round, with a maximum value in sand (420.75mg/kg) and in the living organism samples the highest values came in *Cardisoma amarantuma* (874mg/kg) and least in *Parachanna obscura* (135.1mg/kg). The least represented of the heavy metals was Lead with maximum values in the soil sediment (0.02mg/kg), *Helix aspersa* (0.04mg/kg) and least in *P. obscura* (0.01mg/kg). Others with intermediate positions are Copper with maximum concentration in *C. amarantum* (1.71mg/kg), and minimum in *P. obscura* (0.45mg/kg), Chromium, maximum concentration (0.08mg/kg) in *C. amarantum* and minimum in *P. obscura* (0.015mg/g), Cadmium had a maximum of 0.01mg/kg in *P. monodon* and minimum of 0.01mg/kg in *P. obscura*. and finally, Zinc which had the second highest level of bioaccumulation after iron had its maximum values in *P. monodon* (247.24mg/kg) and minimum in *P. obscura* (3.85mg/g).

From the data available it is reasonable to deduce that the most significant bioaccumulation is obviously iron and least from cadmium which would be both environment and health wise insignificant as the values are well below the WHO standards of environmental exposure.

The level of bioaccumulation of iron and zinc most probably come from the fact that most of the organisms affected in one way or the other are bottom dwellers organisms. It can be seen that the sediment sample contained high levels of metals than the surface water indicating that there have been source of metals from the urban or industrial waste water and of course sediment is a sink of heavy metal pollutant. Since most animals get most of their food from the soil they reside within and in trying to feed they ingest sizable amounts of sand along with that probably explains the high concentrations of these metals in the systems of organisms like *C. amarantum* and *P. monodon*. The concentrations of these two heavy metals are most alarming. Iron, for instance has a value over sixty times the WHO recommended standard (Table 2).

Zinc is essential for the normal functioning of the cell including protein synthesis, carbohydrate metabolism, cell growth and cell division. Concentration of Zn in *Helix aspersa* and *C. amarantum* were found to be 13.78 and 815.63 mg/Kg respectively. A normal body contains 1.4 to 2.3 gm of zinc and it is present in all body cells. Recommended daily dietary intake of zinc is about 15 mg (Dara, 1993). Excessive intake of Zinc can have long term effects whereas the deficiency syndrome manifests itself by retardation of growth, anorexia, lesions of skin and appendages, impaired development and function of reproductive organs. In view of this the estimated concentrations of metals in vegetables under investigation do not cause health hazards for consumers.

Lead which is particularly injurious to the health of man, and usually enters the body of man from drinking contaminated water has above acceptable levels in *P. monodon*, *H. aspersa*, and *C. amarantum*, and their resulting concentrations are reasonably proportional to the amount of lead in the water. The lead pollution in the environment could be traced to industrial production processes and their emissions, road traffic with leaded petrol, the smoke and dust emissions of coal and gas-fired power stations, the laying of lead sheets by roofers as well as the use of paints and anti-rust agents. This is similar to the report of Nriagu and Coker, (1980) and (Ramamoorthy and Rust, 1978).

The levels of concentration of cadmium and chromium are also very low due to the low concentrations in the environment and as seen from the tables the values represented are well below the slated standards and there may not be any reason to worry. But continuous exposure over time would result in the organisms bio-accumulating amounts of chromium or cadmium which may be well over the ambient environmental concentration and detrimental effects may follow subsequently. Chromium is selectively accumulated in liver and kidney. It has been reported to interfere with enzymatic sulphur uptake of cells affecting the lungs, liver and kidney (Lawrence et al., 1993). Concentration of chromium and cadmium were found in the range of 0.1–0.8 Mg/Kg. Chromium and cadmium do not apparently pose a health threat in view of its concentration levels in the organisms investigated. Looking through this perspective one would be tempted to say they are safe for human consumption. However at long run, it may pose a danger to the consumers due to gradual bioaccumulation along the food chain.

Copper has its values well represented in the series but like cadmium and chromium, the level of concentration of within the tissues of these tested organisms were well below the slated standards and as such may not constitute any cause for worry if the concentration does not increase. Copper is an essential element widely distributed and always present in food, animal livers, which are the major contributor to dietary exposure to copper, various shellfish and some dry materials. It is necessary for normal biological activities of amino-oxides and tyrosinase enzymes. Tyrosinase is required for the catalytic conversion of tyrosine to melanin, the vital pigment located beneath the skin, which protects the skin from dangerous radiation. Concentration of Cu in these vegetables was recorded in the range of 0.35 – 31.71 mg/Kg. A daily dietary intake of 2 to 3 mg of copper is recommended for human adults (Dara, 1993). Ingestion of 15-75 mg of copper causes gastrointestinal

disorders. Excessive intake of copper may cause hemolysis, hepatotoxic and nephrotoxic effects. Continuous ingestion of copper from food induces chronic copper poisoning in man.

With regard to the water quality parameters in table 1. The high level of total BOD, low dissolved oxygen content recorded in the study could be an indication of the deteriorating water quality and probably resulted from the discharges of industrial and domestic wastes into the lagoon through the land based anthropogenic inputs and other sources. Similarly, Ajao and Fagade, (1990); Akpata et al; (1993), recorded, high biochemical oxygen demand, low dissolved oxygen content and heavy microbial load at organically polluted sites in the Lagos Lagoon.

A decrease in the dissolved oxygen levels is usually an indication of an entry of some organic pollutant. Concentrations below 5 mg/l may adversely affect function and survival of biological communities and below 2 mg/l can lead to death of most fishes (Water Quality Assessments, 1996). Behaviorally, fish may avoid low dissolved oxygen conditions by physically moving out of an area. Finally, low oxygen levels can also increase toxicity of contaminants to anadromous fish, including ammonia, zinc, lead, and copper (Colt *et al* 1979, Davis 1975).

6 CONCLUSION

Most of these metals especially iron; zinc and copper in reasonable dosages are significant to human diet as they are necessary to complete biochemical and metabolic pathways and are also important in tissue formation. Iron which is an essential part of the haemoglobin which is essential in transportation of oxygen via blood cannot be nutritionally overemphasised, especially in parts of the world like Africa where people contend with diseases that cause loss of blood and anaemia in extreme cases and cause deaths as much as 25 million in only children yearly as reported by the World Health Organisation. Even as the important as it may seem excessive intake of iron leads to a medical condition known as hemochromatosis which results from over deposition of iron in the tissue and organs of the body which may be expressed in humans with symptoms that include fatigue, chronic body pains and in very extreme cases affected individuals may suddenly drop dead. Zinc is also important in normal functioning of the nervous system as well as magnesium which helps in bone formation, copper which also aids in formation of blood and transportation of oxygen. The rest of the metals have not been documented to have any positive effects on the metabolism of human.

As the means of exposure to these metals is through the lagoon, where sometimes people use water from this source for a range of domestic activities and sometimes drinking these metals may enter into their system either through direct means or indirectly by deposition or reaction with free chemical radicals which may subsequently find their way into the body systems of these unsuspecting individuals. Feeding on organisms from this water body also is a source of exposure and the stated disease conditions may arise and in cases where organisms obtained for commercial purposes, a larger number other than those that stay around these areas may be exposed to the toxic effects of these substances and morbidity if not mortality may be recorded without seemingly justifiable causes. Consequently, the appropriate agencies must stand up and do their duties such as creation of awareness and protection of our waterways from pollutions and the offenders should be brought to books

REFERENCES

- [1] Ajao E. A. and Fagade S. O. (1990) A study of sediment and communities in Lagos Lagoon, Nigeria. Oil and Chemical Pollution.
- [2] Akpata, T.V.I.; Oyenekan, J.A. and Nwankwo, D.I. (1993) Impacts of Organic Pollution on the Bacterial, Plankton and Benthic populations of the Lagos Lagoon Nigeria. International Journal of Ecology and Environmental Sciences. 19: 73 – 82.
- [3] APHA (American Public Health Association. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association, Washington, DC.
- [4] Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D. and Stribling J.B. (1998), USEPA Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers. Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. Second Edition. EPA/841-B-98-010. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- [5] Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D. and Stribling J.B. (1999), Rapid bioassessment protocols for use in and wadeable rivers—Periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish (2d ed.): U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 841-B—99—002.
- [6] Biney C. A.; A.T. Amuzu; D. Calamari; N. Kaba; I. L. Mbome; H. Neave; P. B.O. Chumba; O. Osibanjo; R. Radegonde and M.A.H. Saad, (1994) : Review of heavy metals in the African aquatic environment. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **28**: 134-159

- [7] Chapman P, Wang F. (2001). Assessing sediment contamination in estuaries. Bulletin of coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 48(7-8):624-49.
- [8] Colt, J., S. Mitchell, G. Tchobanoglous, and A. Knight. (1979). The use and potential for aquatic species for wastewater treatment: Appendix B, the environmental requirements of fish. Publication No. 65, California State Water Resources Control Board, Sacramento, CA.
- [9] Dara, S.S. (1993). Environmental Chemistry and Pollution Control. First edition, published by S. Chand and Company Ltd., New Delhi, India, pp. 184-205.
- [10] Davis, J.C. (1975). Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. *Journal of Fisheries Research Board Canada*. 32(12), 2295-2332.
- [11] Hare L, Tessier A, Warren L. 2001. Cadmium accumulation by invertebrates living at the sedimentwater interface. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20(4):880-9.
- [12] Haslam S.M. (1990), River pollution: An ecological perspective, Belhaven Press. London, 253pp.
- [13] Hodson P.V. (1986), Water quality criteria and the need for biochemical monitoring of contaminant effects on aquatic ecosystem. In: Water Quality Management: Freshwater Eco-toxicity in Australia, Hart, B.T. (ed.), Melbourne Water Studies Center, pp. 7-21.
- [14] Islam MDS, Tanaka M. (2004). Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 48(7-8):624-49.
- [15] Kennish MJ. (1998). Pollution impacts on marine biotic communities. Boca Raton (FL): CRC Press.
- [16] Lawrence, K.A., A.J. Pesce and S.C. Kazmierczak. (1993). Clinical Chemistry, 4th ed., Theory, Analysis, Correlation, ISBN 0-323-01716-9, Published by Mosby Inc. USA, p. 707-721.
- [17] Long E, MacDonald D, Smith S, Calder F. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19(1):81-97
- [18] Ludwig M, Gould E. (1988). Contaminant input, fate and biological effects. In: Pacheco AL, editor. Woods Hole (MA): US Department of Commerce. NOAA/NMFS/Northeast Fisheries Science Center. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC 56. p 305-322.
- [19] Nriagu, J. O. and R. D. Coker (1980). Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario sediments. *Environmental Science and Technology* 4:443-446.
- [20] O'Connor T. (2002). National distribution of chemical concentrations in mussels and oysters in the Ontario sediments. *Environmental Science and Technology* 4:443-446.
- [21] Pastor D, Boix J, Fernandez V, Albaiges J. (1996). Bioaccumulation of organochlorinated contaminants in three estuarine fish species (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and
- [22] Pastor D, Boix J, Fernandez V, Albaiges J. (1996). Bioaccumulation of organochlorinated contaminants in three estuarine fish species (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and *Dicentrarchus labrax*). *Marine Pollution Bulletin* 32(3):257-62.
- [23] Radegonde V., and Saad M.A.H. (1994), Review of heavy metals in the African aquatic environment, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 31, 134-159.
- [24] Ragsdale H, Thorhaug A. (1980). Trace metal cycling in the U.S. coastal zone: a synthesis. *American Journal of Botany* 67(7):1102-12.
- [25] Ramamoorthy, S. and B. R. Rust (1978). Heavy metal exchange processes in sediment ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19(1):81-97.
- [26] Robinet T, Feunteun E. (2002). Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. *Journal of Great Lakes Research* 22(3):624-38.
- [27] Smith S, MacDonald D, Keenleyside K, Ingersoll C, Field L. (1996). A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. *Journal of Great Lakes Research* 22(3):624-38.
- [28] Stronkhorst J., Brils J., Batty J., Coquery M., Gardner M., Mannio J., O'Donnell C., Steenwijk J. and Frintrop P. (2004), Discussion document on Sediment Monitoring Guidance for the EU Water Framework Directive. Version 2. EU Water Framework Directive expert group on Analysis and Monitoring of Priority Substances.
- [29] Tessier A, Campbell P, Auclair J, Bisson M. (1984). Relationship between the partitioning of trace metals in sediments and their accumulation in the tissues of the freshwater mollusc *Elliptio complanata* in a mining area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41:1463-72.
- [30] Water Quality Assessments. (1996). Water Quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental modeling. Ed. D. Chapman. Published on behalf of UNESCO United Nations Education, Scientific, and Cultural Organization; WHO World Health Organization; UNEP United Nations Environmental Program. Chapman & Hall, London. water systems. *Environmental Geology* 2; 165-172.
- [31] WHO (1984). Guidelines for Drinking Water Quality, Health Criteria and Supporting Information. World Health Organisation. Geneva pp. 85-110.

- [32] Williams C.(1996). Combatting marine pollution from land-based activities: Australian initiatives. *Ocean & Coastal Management* 33(1-3):87-112.
- [33] Wurl O, and Obbard J. (2004). A review of pollutants in the sea-surface microlayer (SML): a unique habitat for marine organisms. *Marine Pollution Bulletin* 48(11-12):1016-30.

Evaluation de l'Inertie Thermique à partir de l'Etude de la Capacité Equivalente de la Dalle en Béton Accolé à du Filasse-Plâtre en Régime Dynamique Fréquentiel

[Evaluation of the Thermal Inertia from the Study of the Equivalent Capacity of the Concrete Slab Adjoining to Tow-Plaster in Dynamic Frequency Regime]

Youssou TRAORE¹, Alassane DIENE², Séni TAMBA², Khatry OULD CHEIKH¹, Moussa DIENG¹, El Hadji Bala Moussa Nyakhaté², Issa DIAGNE¹, and Grégoire SISSOKO¹

¹Laboratoire des Semi-conducteurs et d'Energie Solaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

²Ecole Polytechnique de Thiès, Thiès, Sénégal

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study, we propose an evaluation method of the thermal inertia for two adjoining materials to one another from the heat capacity. The expression of the capacity has been deduced from the thermal-electrical analogy in dynamic frequency regime. The influences of the exciting pulse and depth in the concrete slab and in the tow-plaster on the heat capacity were presented.

KEYWORDS: concrete slab, tow-plaster, dynamic frequency regime, pulse excitation, Thermal inertia, equivalent capacity.

RÉSUMÉ: Dans cette étude, nous proposons une méthode d'évaluation de l'inertie thermique pour deux matériaux accolés l'un à l'autre à partir de la capacité thermique. L'expression de la capacité est obtenue à partir de l'analogie thermique-électrique en régime dynamique fréquentiel. Les influences de la pulsation excitatrice et de la profondeur dans la dalle en béton et dans le filasse-plâtre sur la capacité équivalente sont présentées.

MOTS-CLEFS: dalle en béton, filasse-plâtre, régime dynamique fréquentiel, pulsation excitatrice, Inertie thermique, Capacité équivalente.

1 INTRODUCTION

De nos jours, l'économie d'énergie passe inévitablement par la façon de concevoir nos constructions (bâtiments domestiques, bureaux...). Les bâtiments doivent répondre à certaines normes du point de vue confort thermique. Cet objectif a conduit certains pays à adopter une réglementation thermique. Des études montrent que l'utilisation de matériaux locaux d'origine végétale (la filasse, le kapok, les coques d'arachides...) [1,2] comme isolant thermique dans certains types d'édifices permet d'obtenir un meilleur confort thermique et par conséquent une économie d'énergie.

Plusieurs méthodes thermiques sont proposées pour caractériser des matériaux. Parmi ces méthodes on peut citer la méthode de l'impédance thermique basée sur l'analogie thermique-électrique [3-6]. Les travaux des auteurs I. Diagne [1] et korka [7] ont mis respectivement en exergue l'existence d'une couche d'isolation thermique efficace ou épaisseur d'isolation optimale emmagasinant l'essentiel de la chaleur au voisinage de la face excitée de l'isolant thermique.

A partir de l'évaluation de la capacité équivalente de la dalle en béton et de la filasse-plâtre, nous montrons l'évolution de l'inertie thermique des différents matériaux et son influence sur le confort thermique des bâtiments.

2 ETUDE THEORIE

2.1 SCHÉMA D'ÉTUDE

Le dispositif d'étude est une dalle en béton accolée à un matériau en filasse-plâtre. Nous considérons que le contact thermique est parfait. La face supérieure de la dalle en béton est soumise à des contraintes climatiques extérieures du milieu ambiant et l'autre face du filasse-plâtre est dans le milieu ambiant intérieur du bâtiment. Les contraintes climatiques sont en régime dynamique fréquentiel.

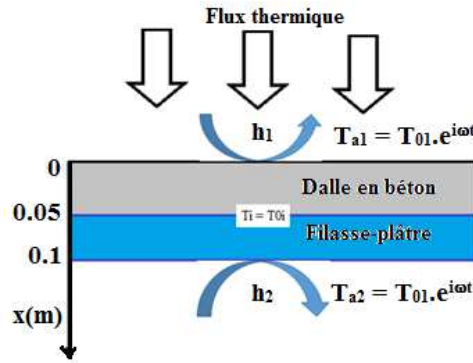


Figure 1: mur de béton accolé à la filasse-plâtre sous contraintes climatiques.

$T_{01}=35^{\circ}\text{C}$, $T_{02}=20^{\circ}\text{C}$ et $T_{0i}=25^{\circ}\text{C}$ sont respectivement les températures maximales des milieux extérieurs, intérieurs et la température initiale du matériau. h_1 et h_2 sont respectivement les coefficients d'échange thermique à la face extérieure et à la face intérieure. T_{a1} et T_{a2} les températures des milieux extérieur et intérieur en régime dynamique fréquentiel.

T_i est la température initiale du système.

2.2 EXPRESSION DE LA TEMPÉRATURE

L'équation de la chaleur [8], sans source ni puits de chaleur est donnée par la relation (1) (où $i=1$ ou 2 respectivement pour la dalle en béton et le filasse-plâtre).

$$\frac{\partial^2 T_i(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha_i} \frac{\partial T_i(x,t)}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\text{Avec} \quad \alpha_i = \frac{\lambda_i}{\rho_i \cdot c_i} \quad [9] \quad (2)$$

α_i : le coefficient de diffusivité thermique du matériau ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

λ_i : la conductivité thermique du matériau ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

ρ_i : la masse volumique du matériau ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

c_i : la capacité calorifique du matériau ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

$T_i(x,t)$: la température ($^{\circ}\text{C}$) intérieur du mur en une position de profondeur x et à la date t .

Les conditions aux limites :

$$\left. -\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, h_1, h_2, \omega, t)}{\partial x} \right|_{x=0} = h_1 (T_{a1} - T(0, h_1, h_2, \omega, t)) \quad (3)$$

$$\left. -\lambda_2 \frac{\partial T_2(x, h_1, h_2, \omega, t)}{\partial x} \right|_{x=L} = h_2 (T_2(L, h_1, h_2, \omega, t) - T_{a2}) \quad (4)$$

$$\left. \lambda_1 \frac{\partial T_1(x, h_1, h_2, \omega, t)}{\partial x} \right|_{x=l} = \left. \lambda_2 \frac{\partial T_2(x, h_1, h_2, \omega, t)}{\partial x} \right|_{x=l} \quad (5)$$

$$T_1(l, h_1, h_2, \omega, t) = T_2(l, h_1, h_2, \omega, t) \quad (6)$$

$$T(x, h_1, h_2, \omega, t = 0) = T_i = T_{0i} \quad (7)$$

$$\text{Posons} \quad \bar{T}_i(x, t) = T_i(x, t) - T_i \quad (8)$$

En tenant compte de la relation (8), la solution de l'équation est la forme suivante :

$$T_i(x, h1, h2, \omega, t) = (A_i * \sinh(\beta_i \cdot x) + B_i \cdot \cosh(\beta_i \cdot x)) \cdot e^{i\omega t} + T_i \quad (9)$$

$$\text{Avec} \quad \beta_i(\omega) = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_i}} * (1 + i) \quad (10)$$

$$\text{et} \quad L_i^*(\omega) = \frac{1}{\beta_i(\omega)}$$

$L_i^*(\omega)$ est la longueur de diffusion complexe thermique (unité en mètre)

Les composants A_i et B_i sont obtenues à partir des conditions aux limites.

2.3 DENSITÉ DE FLUX DE CHALEUR ET CAPACITÉ ÉQUIVALENTE

La densité de flux de chaleur est donnée par la loi de fourrier :

$$\vec{\Phi}_i(x, h1, h2, \omega, t) = -\lambda_i \cdot \overrightarrow{grad} T_i(x, h1, h2, \omega, t) \quad (11)$$

La capacité équivalente [10] du matériau traduit le pouvoir d'emmagasinement et de restitution de la chaleur par un matériau. Par analogie électrique-thermique, on déduit la capacité équivalente à partir de la relation (12).

$$C_{th}(x, h_1, h_2, \omega, t) = \frac{\int_0^t \Phi(x, h_1, h_2, \omega, t) dt}{\Delta T(x, h_1, h_2, \omega, t)} = \frac{1}{i * \omega * Z_e(x, h_1, h_2, \omega, t)} \quad (12)$$

3 RÉSULTATS

Lorsqu'on applique une différence de température entre deux points dans la dalle en béton ou dans le filasse-plâtre, on assiste à une accumulation d'énergie. Cette quantité d'énergie emmagasinée dépend de la période des sollicitations climatiques et des caractéristiques isolantes du matériau traduisant son inertie thermique.

3.1 CAPACITÉ ÉQUIVALENTE EN FONCTION DE LA PROFONDEUR

Les figures 2 et 3 représentent respectivement les capacités équivalentes dans la dalle et dans le filasse-plâtre en fonction de la profondeur du matériau.

Les deux figures montrent un comportement différent de la dalle en béton comparé au matériau de filasse-plâtre. Sur une profondeur d'environ 0.02m, le béton présente une variation de la capacité équivalente pouvant atteindre 1000W.K.m⁻² tandis que le filasse-plâtre présente une variation d'environ 150 W.K.m⁻². Ce qui traduit un phénomène d'échauffement important pour la dalle de béton et un fort amortissement de la transmission de la chaleur par l'isolant filasse-plâtre.

Le pic observé sur la figure 3 au voisinage du milieu intérieur est dû à l'influence des phénomènes d'échange thermique au niveau de cette face. Pour la pulsation 10⁻²rad.s⁻¹ relativement élevé, les périodes de sollicitations sont courtes et il apparaît des phénomènes de relaxation se traduisant par une augmentation de la capacité équivalente de la filasse plâtre.

Globalement, les figures montrent que la capacité équivalente a tendance à diminuer lorsque la pulsation excitatrice augmente.

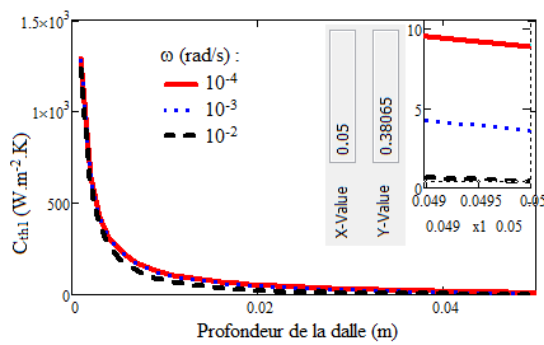


Figure 2: Capacité équivalente dans la dalle en fonction de sa profondeur.
 $h_1=100W.m^{-2}.k^{-1}$; $h_2=1W.m^{-2}.k^{-1}$

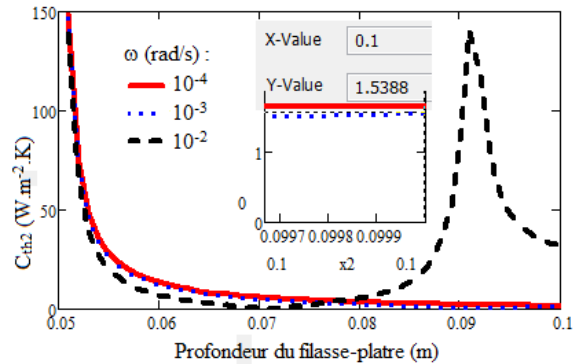


Figure 3: Capacité équivalente dans le filasse-plâtre en fonction de sa profondeur.
 $h_1=100W.m^{-2}.k^{-1}$; $h_2=1W.m^{-2}.k^{-1}$

3.2 DIAGRAMMES DE BODE ET DE NYQUIST

3.2.1 DIAGRAMME DE BODE DE LA CAPACITÉ ÉQUIVALENTE

Les figures 4-a et 4-b présentent l'évolution du module de la capacité équivalente des matériaux dalle en béton et filasse-plâtre en fonction de la pulsation excitatrice. Le module de la capacité de la dalle en béton est relativement faible sauf pour $\omega \approx 5.10^{-3}rad.s^{-1}$; les phénomènes de diffusion sont ainsi plus importants dans le matériau béton que les phénomènes d'emmagasinement d'énergie. La figure 5 montre ainsi des phénomènes de résonance électrique pour les basses pulsations, confirmant ainsi les phénomènes de conduction dans le béton.

La figure 4-b montre que le module de la capacité dans le filasse-plâtre est dynamique en fonction de la pulsation excitatrice. Le module de la capacité diminue avec la pulsation. La figure 6 montre cependant que les phénomènes d'emmagasinement sont relativement considérables pour les hautes pulsations. Le comportement électrique peut ainsi être modélisé par un circuit électrique RLC oscillant.

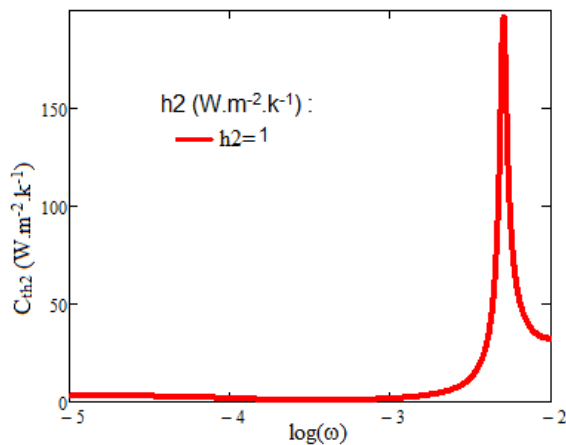


Fig 4-a

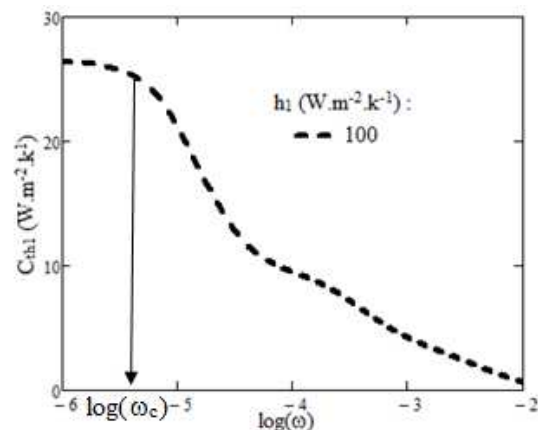


fig 4-b

Figure 4: Capacité équivalente dans la dalle (fig 4-a) et dans le filasse-plâtre (fig 4-b) en fonction du logarithme décimal de la pulsation.

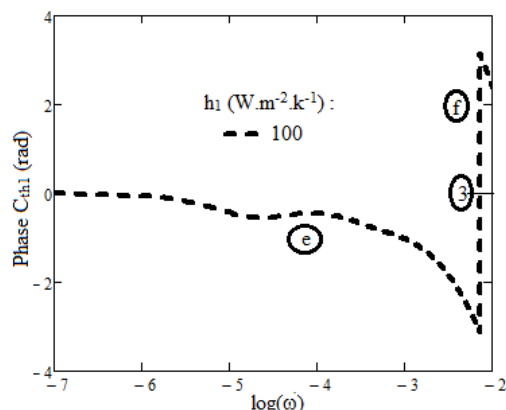


Figure 5: Phase de la capacité thermique dans la dalle en fonction de logarithme décimal de la pulsation

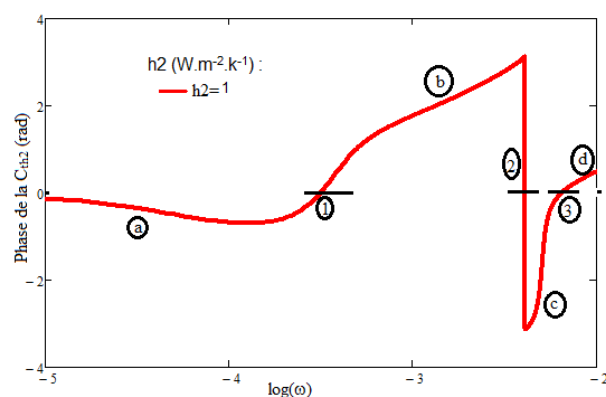


Figure 6: Phase de la capacité thermique dans le filasse-plâtre en fonction de logarithme décimal de la pulsation

3.3 REPRÉSENTATION DE NYQUIST

L'analyse des courbes des figures 7 et 8 confirme la différence de comportement considérable de la dalle en béton comparée à la filasse-plâtre. Les figures 7-e et 7-f montrent respectivement une possibilité d'un comportement capacitif de la dalle en béton et la présence d'une résistance négative traduisant un flux de chaleur circulant en sens inverse.

Les figures 8 montrent les comportements variés de l'isolant thermique filasse-plâtre en fonction des contraintes climatiques. Les figures 8- a et 8-b montrent respectivement des comportements de circuits RLC capacitif et inductif ; la figure 8-c regroupe les deux effets observés sur les figures 8-a et 8-b.

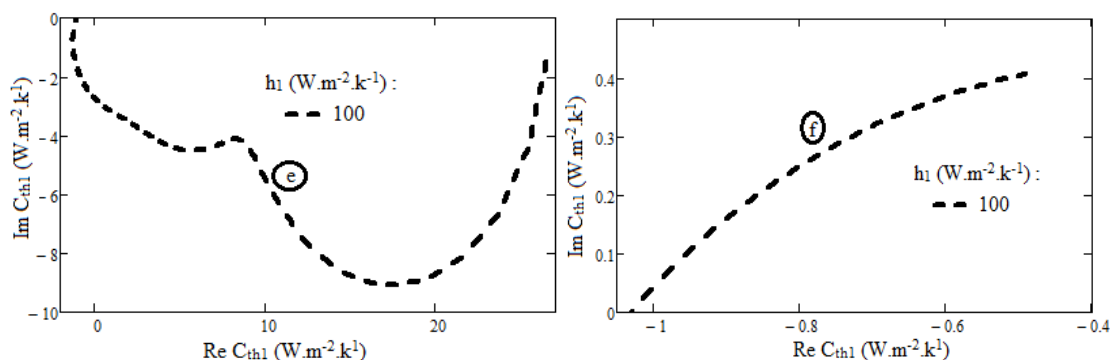


Figure 7: Partie imaginaire de la capacité équivalente dans la dalle en béton en fonction de sa partie réelle.

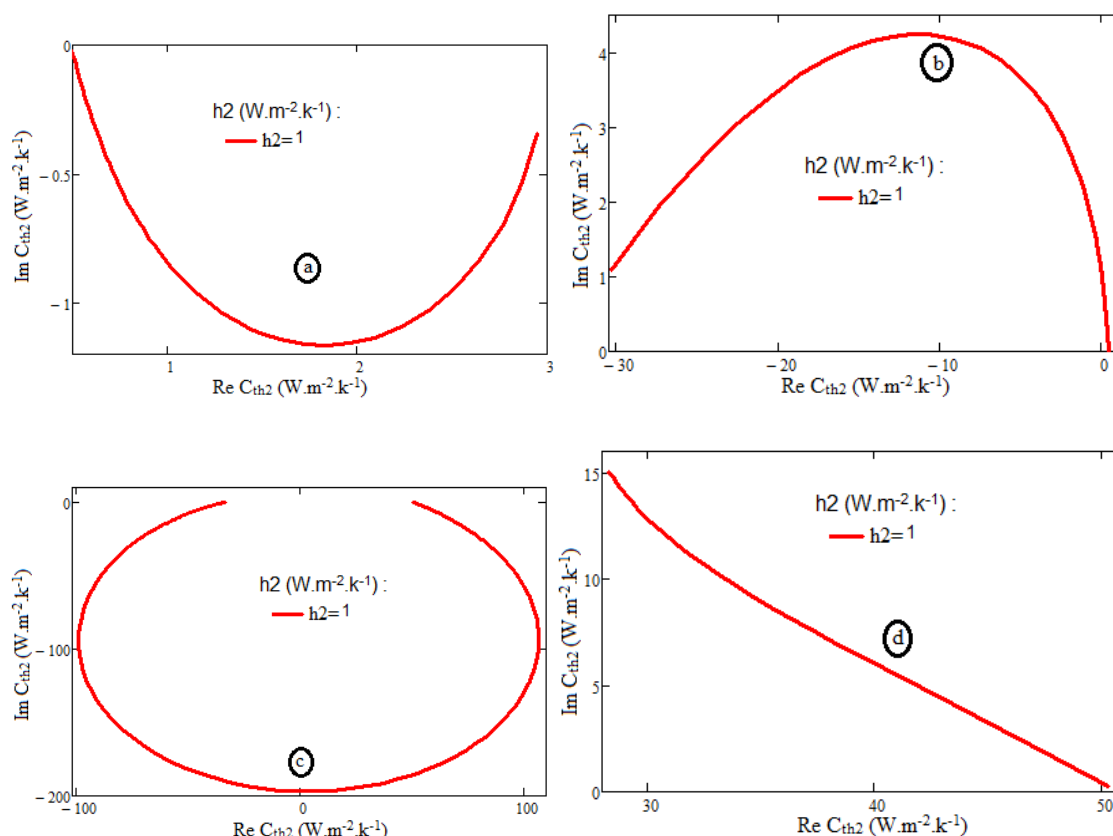


Figure 8: Partie imaginaire de la capacité équivalente dans le filasse-plâtre en fonction de sa partie réelle.

4 CONCLUSION

Le modèle d'étude par analogie thermique-électrique permet d'interpréter les phénomènes de transfert et d'emmagasinement de chaleur dans les matériaux isolants ou de conductivité thermique proche de celle des isolants.

L'analyse de la capacité électrique équivalente a permis de mettre en exergue la qualité de l'isolant thermique mis en contact avec une dalle en béton.

L'utilisation des diagrammes de Bode et des représentations de Nyquist a permis de quantifier les phénomènes de transfert de chaleur ce qui permet d'établir un rapport entre le comportement thermique de la dalle en béton et celui de l'isolant thermique filasse-plâtre.

REFERENCES

- [1] I. Diagne, M. Dieng, M.L. Sow, A. Wereme, F. Niang, G. Sissoko « Estimation de la couche d'isolation thermique efficace d'un matériau kapok-plâtre en régime dynamique fréquentiel » 2010, Cifem2014, Edition Université de Rennes 1, Pp.53-66
- [2] A. Wereme, S. Tamba, M. Sarr, A. Diene, F. Niang, G. Sissoko « Caractérisation des isolants thermiques locaux de types sciure de bois et kapok : mesure de coefficient global d'échange thermique et de la conductivité thermique » 2010, Journal Des Sciences, Vol. 10, N°4 Pp39-46
- [3] I. Diagne, B. Fleur, M. O. Sidya, S. Gaye, G. Sissoko « Détermination de paramètres thermiques d'un matériau en régime dynamique fréquentiel à partir de diagrammes de Bode et de représentations de Nyquist » 2008, Journal Des Sciences, Vol. 8, N°2 Pp 88-98
- [4] A. Diouf, I. Diagne, M. Dieng, M. S. O. Brahim, A. Wereme, G. Sissoko « Transfert de chaleur en régime dynamique fréquentiel dans un matériau cylindrique : Etude de l'impédance dynamique équivalente de la filasse » 2010, Journal Des Sciences, Vol. 10, N°1 Pp 23-33

- [5] C. T. Sarr, I. Diagne, M. L. Sow, A. Wereme, S. Gaye, G. Sissoko « Caractérisation des isolants thermiques cylindriques par une méthode analogique : application au kapok », 2009, Journal Des Sciences, Vol. 9, N°3 Pp 32-46
- [6] B. Bourouga, V. Goizet, JP. Bardon « Les aspects théoriques régissant l'instrumentation d'un capteur thermique pariétal à faible inertie », 2000, Int. J. Therm, Vol.39, Pp 96-109
- [7] K. A. Diallo, M. BOUKAR, E. B. DIAW, P. DEMBA, I. DIAGNE And G. SISSOKO « characterization of the thermal behavior of a kapok-plaster material by studying the temperature in frequency dynamic regime » 2015, International Journal Of Innovative Science, Engineering And Technology, Vol. 2 Issue 1, Pp 308-310
- [8] Y. Jannot, A. Degiovanni And G. Payet « Thermal Conductivity Measurement of Insulating Materials with A three Layers Device », 2009, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 52, N°5-6, Pp 1105-1111
- [9] J. C Marechal And J. M. Devisme « Diffusivité thermique des Matériaux de Construction : Méthode du signal périodique », 1978 Annales I. T. B. T. P , N° 357
- [10] K. A. Diallo, M. Boukar, M. B. Ndaye, A. Diene, P. Demba, I. Diagne, M. O. Brahim And G. Sissoko « Study of the equivalent electrical of a thermal insulating kapok-plaster material in frequency dynamic regime established » 2014, Research Journal of Applied Sciences, Engineering And Technolog, pp 2141-2145.

Etude du transfert de chaleur à travers une chaussée en régime dynamique fréquentiel: l'influence des paramètres extrinsèques

[Study of the transfer of heat through a road in dynamic frequency regime: the influence of the extrinsic parameters]

Youssou TRAORE^{1,2}, Séni TAMBA², Alassane DIENE², Khatry OULD CHEIKH¹, Moussa DIENG¹, El Hadji Bala Moussa Nyakhaté², Issa DIAGNE¹, and Grégoire SISSOKO¹

¹Laboratoire des Semi-conducteurs et d'Energie Solaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

²Ecole Polytechnique de Thiès, Thiès, Sénégal

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper, we propose a study of heat transfer through a roadway. The expression of the temperature and heat flux density are obtained from the resolution of the heat equation and the Fourier law in dynamic frequency regime. The influence of extrinsic parameters such as coefficients of convective and radiative heat exchange and cloud cover are presented.

KEYWORDS: heat transfer, roadway, Temperature, heat flow density, dynamic frequency regime.

RÉSUMÉ: Dans cet article, Nous proposons une étude du transfert de chaleur à travers une chaussée. L'expression de la température et de la densité de flux de chaleur sont obtenues à partir de la résolution de l'équation de la chaleur et de la loi de Fourier en régime dynamique fréquentiel. L'influence des paramètres extrinsèques tels que les coefficients d'échanges thermiques convectif et radiatif et de la couverture nuageuse sont présentés.

MOTS-CLEFS: transfert de chaleur, chaussée, température, densité de flux de chaleur, régime dynamique fréquentiel.

1 INTRODUCTION

De plus en plus, nous assistons à une prolifération des constructions de routes au Sénégal et dans la sous régions. Pour certains auteurs [1], les dégradations importantes observées sur les structures routières, ainsi que leur ruine prématurée imposent à l'heure actuelle de se prononcer plus amplement sur la nature des matériaux mis en place. En effet des études ont montré que certains matériaux récupèrent de l'énergie solaire puis s'échauffe [2,3] . Ainsi d'autres auteurs ont proposés des techniques de dimensionnements telles que le dimensionnement rationnel [4] et le dimensionnement par alizé ou des méthodes de dimensionnement semi empiriques [1]. Cependant la construction d'une chaussée doit prendre en compte le comportement mécanique des matériaux utilisés, le trafic auquel elle sera soumise et les conditions climatiques. Le but de cet article est d'étudier le transfert de chaleur à travers les multicouches constituant une structure routière à partir de la température et de la densité de flux de chaleur.

2 PRÉSENTATION DE LA SUPERSTRUCTURE

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches dont leurs propriétés thermophysiques [5] sont différentes comme le montre la figure suivante. Ces différentes couches contribuent aux performances de l'ouvrage et à la résistance globale [6].

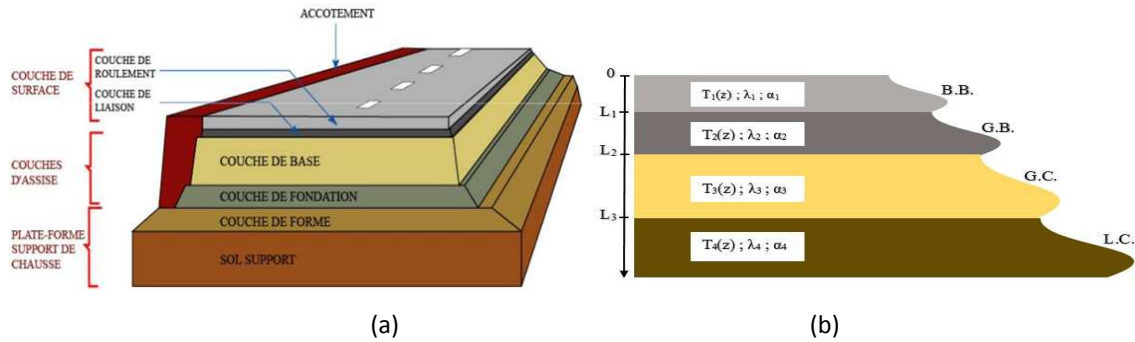


Figure 1 : (a) Représentation d'une chaussée (b) schéma simplifié

3 EXPRESSION DE LA TEMPÉRATURE

Lorsqu'un système est soumis à des sollicitations thermiques, il y'a un phénomène transfert de chaleur régit par l'équation de la chaleur donnée par :

$$\rho \cdot c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \Delta T + P_p$$

- ρ ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$) la masse volumique du matériau
- C ($\text{J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) la chaleur spécifique du matériau
- λ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) la conduction thermique du matériau
- P_p ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$) le puit de chaleur ou source de chaleur interne
- T la température en un point considéré

En considérant qu'il n'y a pas de production interne [7,8] de chaleur à l'intérieur de la chaussée donc $P_p=0$

Ainsi, nous établissons les équations décrivant le transfert de chaleur à l'intérieur des quatre couches. L'indice i correspond aux différentes couches (i varie de 1 à 4).

$$\frac{\partial^2 T_i(z, h1, h2, \omega, t, Cn)}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha_i} \frac{\partial T_i(z, h1, h2, \omega, t, Cn)}{\partial t} = 0$$

Avec $\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{\rho_1 c_1}$ $\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{\rho_2 c_2}$ $\alpha_3 = \frac{\lambda_3}{\rho_3 c_3}$ $\alpha_4 = \frac{\lambda_4}{\rho_4 c_4}$

- $T_1(z, h1, h2, \omega, t, Cn)$: la température en un point considéré dans le béton bitumineux
- $T_2(z, h1, h2, \omega, t, Cn)$: la température en un point considéré dans le grave bitume
- $T_3(z, h1, h2, \omega, t, Cn)$: la température en un point considéré dans le grave concassé
- $T_4(z, h1, h2, \omega, t, Cn)$: la température en un point considéré dans la latérite ciment

Les conditions aux limites pour les différentes interfaces sont :

- ❖ Interface milieu extérieur et la couche de béton bitumineux :

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(z)}{\partial z} \Big|_{z=0} = hc(Ta1 - T(0)) + hr(T_s - T(0)) + I_{sol}$$

- hc : coefficient d'échange thermique par convection
- hr : coefficient d'échange thermique par rayonnement
- $Ta1$: température ambiante du milieu
- Ts : température du soleil
- I_{sol} : flux solaire arrivant sur la surface de la première couche

$$I_{sol} = (0.828.I + b). \left(1 - \frac{Cn}{100}\right)$$

Elle combine l'expression du flux solaire I au sommet de l'atmosphère [9] au coefficient d'interception du flux solaire par l'atmosphère $b = -47,4 \text{ W/m}^2$ [10].

- ❖ Interface entre le béton bitumineux et le grave bitume :

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(z)}{\partial z} \Big|_{z=L1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(z)}{\partial z} \Big|_{z=L1}$$

$$T_1(L1) = T_2(L1)$$

- ❖ Interface entre le grave bitume et le grave concassé :

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(z)}{\partial z} \Big|_{z=L2} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3(z)}{\partial z} \Big|_{z=L2}$$

$$T_2(L2) = T_3(L2)$$

- ❖ Interface entre le grave concassé et la latérite ciment :

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3(z)}{\partial z} \Big|_{z=L3} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4(z)}{\partial z} \Big|_{z=L3}$$

$$T_3(L3) = T_4(L3)$$

- ❖ Interface entre la latérite ciment et la plateforme :

$$-\lambda_4 \frac{\partial T_4(z)}{\partial z} \Big|_{z=L4} = 0$$

$$T_4(L4) = T_p$$

T_p est la température de la plateforme supposée constante dans ce travail.

Et de la température initiale est considéré uniforme à l'intérieur de chaque matériau :

$$T_i = T_{0i}$$

Pour introduire la température initiale T_i , on effectue les changements de variable de température :

$$\begin{cases} \bar{T}_1 = T_1 - T_i \\ \bar{T}_2 = T_2 - T_i \\ \bar{T}_3 = T_3 - T_i \\ \bar{T}_4 = T_4 - T_i \end{cases}$$

Les équations de la chaleur deviennent :

$$\frac{\partial^2 \bar{T}_1(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha_1} \frac{\partial \bar{T}_1(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \bar{T}_2(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha_2} \frac{\partial \bar{T}_2(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \bar{T}_3(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha_3} \frac{\partial \bar{T}_3(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \bar{T}_4(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha_4} \frac{\partial \bar{T}_4(z, hc, hr, \omega, t, Cn)}{\partial t} = 0$$

Pour résoudre les équations, nous allons utiliser la méthode des séparations des variables. Nous allons tenir en compte les changements des variables faites avec les températures. Ainsi on a :

$$\bar{T}_{1,2,3,4}(z, hc, hr, \omega, t, Cn) = X_{1,2,3,4}(z) \cdot Y_{1,2,3,4}(t)$$

Dans le béton bitumineux :

$$T_1(z, hc, hr, \omega, t, Cn) = (A_1 \sinh(\beta_1(\omega) \cdot z) + (B_2 \cdot \cosh(\beta_1(\omega) \cdot z)) \cdot e^{i\omega t} + T01$$

Dans le grave bitume :

$$T_2(z, hc, hr, \omega, t, Cn) = (A_2 \sinh(\beta_2(\omega) \cdot z) + (B_2 \cosh(\beta_2(\omega) \cdot z)) \cdot e^{i\omega t} + T02$$

Dans le grave concassé :

$$T_3(z, hc, hr, \omega, t, Cn) = (A_3 \sinh(\beta_3(\omega) \cdot z) + (B_3 \cosh(\beta_3(\omega) \cdot z)) \cdot e^{i\omega t} + T03$$

Dans la latérite ciment :

$$T_4(z, hc, hr, \omega, t, Cn) = (A_4 \sinh(\beta_4(\omega) \cdot z) + (B_4 \cosh(\beta_4(\omega) \cdot z)) \cdot e^{i\omega t} + T04$$

Avec

$$\beta_1(\omega) = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_1}}(i+1)$$

$$\beta_2(\omega) = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_2}}(i+1)$$

$$L_1^*(\omega) = \frac{1}{\beta_1(\omega)}$$

$$L_2^*(\omega) = \frac{1}{\beta_2(\omega)}$$

$$\beta_3(\omega) = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_3}}(i+1)$$

$$\beta_4(\omega) = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_4}}(i+1)$$

$$L_3^*(\omega) = \frac{1}{\beta_3(\omega)}$$

$$L_4^*(\omega) = \frac{1}{\beta_4(\omega)}$$

$L_1^*(\omega)$, $L_2^*(\omega)$, $L_3^*(\omega)$ et $L_4^*(\omega)$ représentent les longueurs caractéristiques de la diffusion thermique des différentes couches.

Les conditions aux limites et initiale ci-dessous, permettent d'obtenir les coefficients A1, B1, A2, B2, A3, B3, A4 et B4.

En tenant comptes des changements de variable, on peut réécrire les conditions aux limites :

❖ Interface milieu extérieur et la couche de béton bitumineux :

$$-\lambda_1 \frac{\partial \bar{T}_1(z)}{\partial z} \Big|_{z=0} = hc(Ta1 - \bar{T}(0)) + hr(T_s - \bar{T}(0) - T01) + I$$

❖ Interface entre le béton bitumineux et le grave bitume :

$$\lambda_1 \frac{\partial \bar{T}_1(z)}{\partial z} \Big|_{z=L1} = \lambda_2 \frac{\partial \bar{T}_2(z)}{\partial z} \Big|_{z=L1}$$

$$T1(L1) + T01 = \bar{T}_2(L1) + T02$$

❖ Interface entre le grave bitume et le grave concassé :

$$-\lambda_2 \frac{\partial \bar{T}_2(z)}{\partial z} \Big|_{z=L2} = -\lambda_3 \frac{\partial \bar{T}_3(z)}{\partial z} \Big|_{z=L2}$$

$$T2(L2) + T02 = T3(L2) + T03$$

Interface entre le grave concassé et la latérite ciment :

$$-\lambda_3 \frac{\partial \bar{T}_3(z)}{\partial z} \Big|_{z=L3} = -\lambda_4 \frac{\partial \bar{T}_4(z)}{\partial z} \Big|_{z=L3}$$

$$T3(L3) + T03 = T4(L3) + T04$$

- ❖ Interface entre la latérite ciment et la plateforme :

$$-\lambda_4 \frac{\partial \overline{T_4(z)}}{\partial z} \Big|_{z=L_4} = 0$$

$$T_4(L_4) + T_{04} = T_p$$

Nous supposons dans la suite du travail que $T_{01}=T_{02}=T_{03}=T_{04}$ (température initiale avant excitation)

4 EXPRESSION DE LA DENSITÉ DE FLUX DE CHALEUR

La densité de flux thermique est le flux thermique par unité de surface. Elle s'exprime en Watt par mètre carré (W/m^2) donnée par la loi de Fourier donnée par :

$$\vec{\varphi}_i = -\lambda_i \cdot \overrightarrow{grad} T_i$$

5 RESULTANTS ET DISCUSSIONS

5.1 EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA DENSITÉ DE FLUX DE CHALEUR EN FONCTION DE LOGARITHME DÉCIMAL DE LA PULSATION

Le phénomène de transfert de chaleur dans une structure routière dépend de la période de sollicitation climatique. Ainsi les figures 2-a et 2-b illustrent la température et la densité de flux de chaleur en fonction de logarithme décimal de la pulsation à travers les différentes couches.

Sur la figure 2, nous notons que pour les faibles fréquences ($\omega < 10^{-6}$), la température dans les couches est maximale est presque constante avoisinant celle du milieu ambiant. Pour ces fréquences les couches se comportent comme des conducteurs correspondant à une saturation thermique. En effet ces fréquences traduisent un régime quasi stique.

Mais à partir d'une certaine fréquence dite fréquence de coupure, nous remarquons une chute de la température jusqu'à celle de l'état initial des couches puis une légère hausse. Sur la première phase, elle traduit un emmagasinement d'énergie puis une phase de restitution. Entre les deux phases, l'énergie est maximale pour différentes couches avec un décalage de l'amplitude maximale.

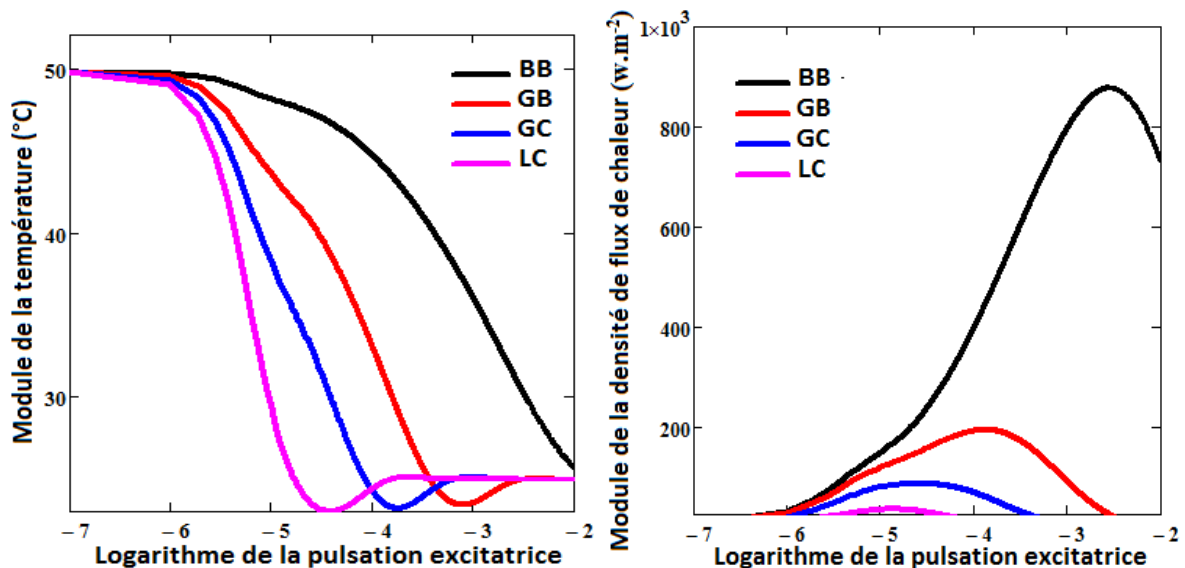


Figure 2-a

Figure 2-b

Figure 2 : Température (figure 2-a) et la densité de flux de chaleur (figure 2-b) en fonction de logarithme décimal de la pulsation. $hc=100$ ($W.m^{-2}.K^{-1}$); $hr=10$ ($W.m^{-2}.K^{-1}$); $cn=10\%$; $l=800$ ($W.m^{-2}$); $x_1=0.01m$; $x_2=0.08m$; $x_3=0.18m$; $x_4=0.38m$

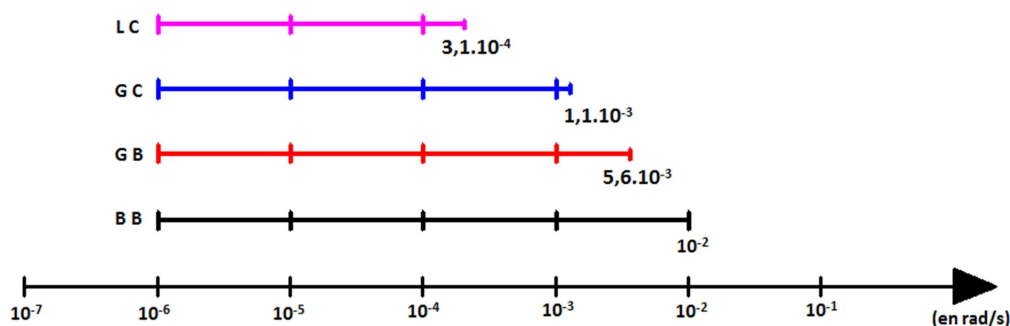


Figure 3 : Bande de fréquence correspondant au régime variable

5.2 LA TEMPÉRATURE ET LA DENSITÉ DE FLUX DE CHALEUR EN FONCTION DE LA PROFONDEUR DE LA STRUCTURE ROUTIÈRE

Les figures suivantes montrent l'impact du coefficient d'échange thermique convectif, du coefficient d'échange thermique radiatif et de la couverture nuageuse sur la température et la densité de flux de chaleur relative à la couche de roulement en béton bitumineux (BB), à la couche de liaison en grave bitume (GB), à la couche de base en grave concassée et à la couche de fondation en latérite ciment (LC). Ces couches sont les éléments constituant notre structure routière.

En absence d'échange thermique par convection, la superstructure composée de BB, de GB, de GC et de LC est à sa température initiale (25°C). Dans cette condition il n'y a pas de réponse thermique contrairement au coefficient d'échange thermique par rayonnement.

Pour h_c différente de zéro et h_r quelconque, la température ainsi que la densité de flux augmentent avec ces grandeurs lorsque nous sommes à la surface de la couche du Béton Bitumineux. En profondeur, elles diminuent progressivement jusqu'à un extrémum où le gradient de la température est nulle. Ainsi le phénomène de transfert de chaleur sur cette partie se fait de proche en proche de la couche la plus externe vers l'intérieur avec la présence d'un puits thermique à partir d'une certaine profondeur. Ainsi nous avons une perte thermique et de l'énergie emmagasiné à travers les différentes couches impliquant leurs propriétés de rétention de chaleur [11]. Il faut aussi noter que les perturbations thermiques n'atteignent pas la dernière couche(LC).

L'influence de la couverture nuageuse montre que l'ensoleillement impact sur la température de même que l'énergie stocké. En effet lorsque la couverture nuageuse est maximale (100%), ce qui correspond à une absence de rayonnement solaire : baisse de température. Nous remarquons que plus cette valeur est faible plus il y'a un bon ensoleillement favorisant une augmentation de température.

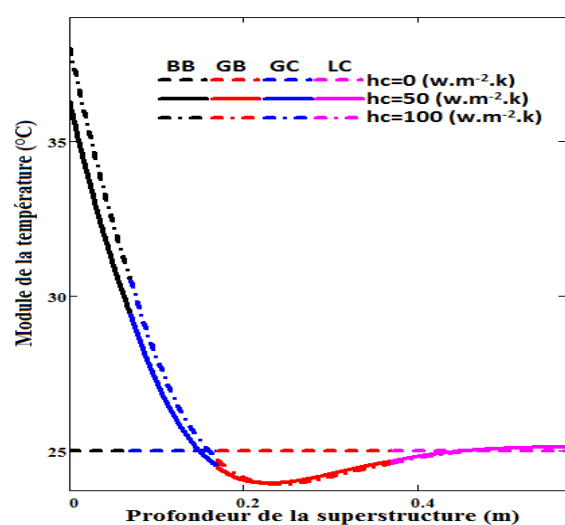


Figure 4.a

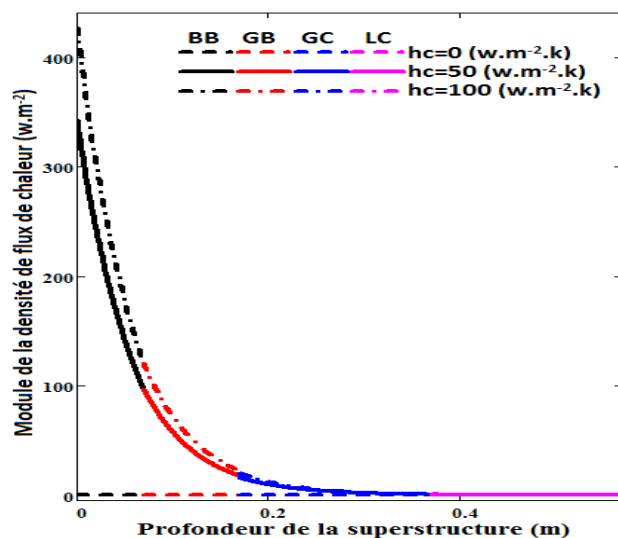


Figure 4.b

Figure 4 : température et la densité de flux de chaleur en fonction de la profondeur de la superstructure pour différentes valeurs du coefficient d'échange par convection

$hr=0$ ($W.m^{-2}.K^{-1}$); $Cn=100\%$; $I=800$ ($W.m^{-2}$); $\omega=10^{-4}$ ($rad.s^{-1}$)

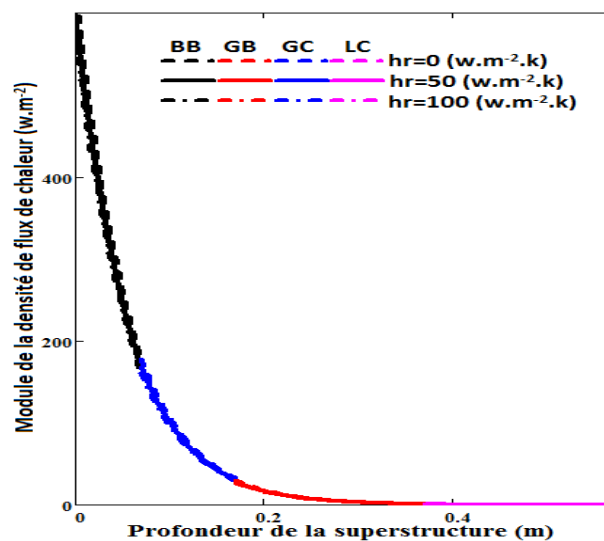
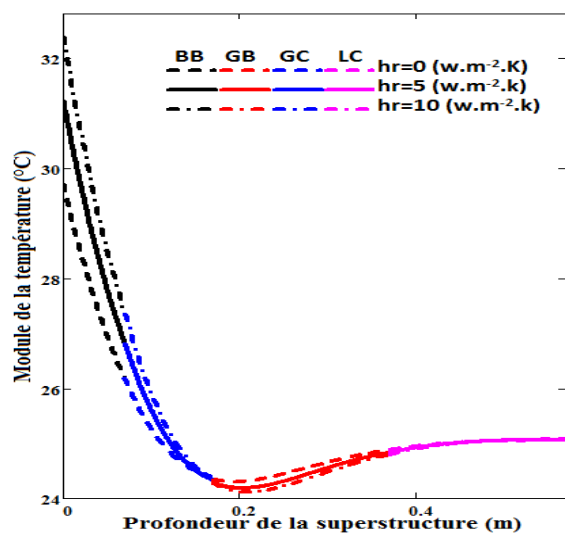


Figure 5 : la température et densité de flux de chaleur en fonction de la profondeur de la superstructure pour différentes valeurs du coefficient d'échange par rayonnement

$hc=100$ ($W.m^{-2}.K^{-1}$); $Cn=10\%$; $I=800$ ($W.m^{-2}$); $\omega=10^{-4}$ ($rad.s^{-1}$).

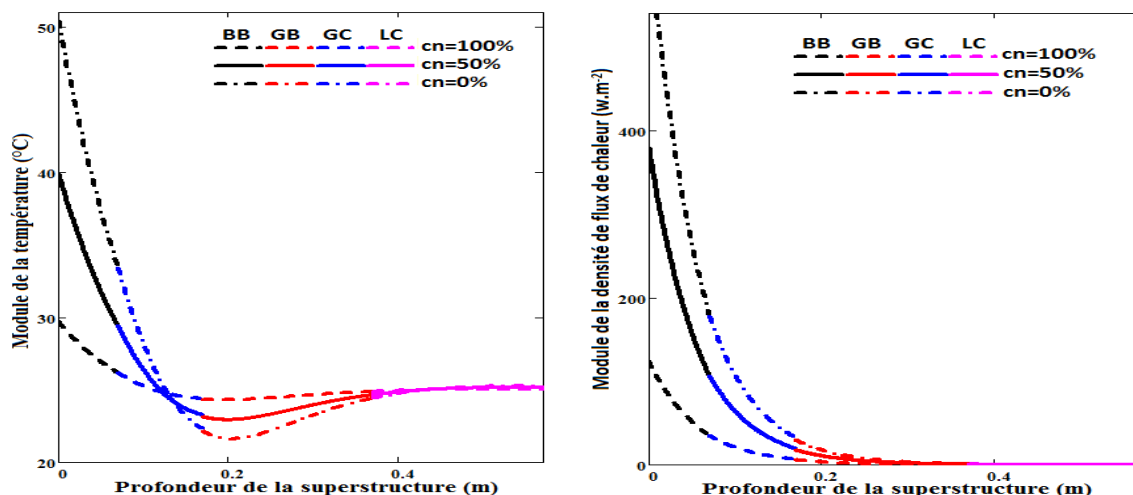


Figure 6 : la température et la densité de flux de chaleur en fonction de la profondeur de la superstructure pour différentes valeurs de la couverture nuageuse.

$$hc=100 \text{ (W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{)}; hr=10 \text{ (W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{)}; l=800 \text{ (W.m}^{-2}\text{)}; \omega=10^{-3} \text{ (rad.s}^{-1}\text{)}.$$

6 CONCLUSION

Les profils de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de la fréquence puis de la profondeur de la structure routière ont été présentés.

Les paramètres extrinsèques étudiées impactes sur la température de même que l'énergie emmagasiné.

REFERENCES

- [1] M. Fall, B. Senghor, A. Lakhouné « Analyse de la pratique du dimensionnement rationnel des structures de chaussée au Sénégal. Influence des paramètres d'entrée dans les codes de calcul pour le renforcement des chaussées » Annales du Bâtiment et des Travaux Publics, 2002, 5-13
- [2] G. SISSOKO, M. ADJI, D. AZALINON, V. SAMBOU, A. WEREME, « Characterization by thermal transient phenomena of concrete slab recuperating solar energy » 2001, Journal des Sciences, Vol. 1, N°2, 36-46
- [3] B. FLEUR, I. DIAGNE, M. L. SOW, S. GAYE, G. SISSOKO « Influence du coefficient d'échange thermique sur le comportement d'une dalle en béton récupératrice d'énergie solaire » 2008, Journal des Sciences, Vol. 8, N°2, 99-106
- [4] J. Martinez « Contribution au dimensionnement rationnel des structures de chaussées souples et inverses. Comportement des graves non traitées et des sols supports » Thèse doctorat Ingénieur Etat, Université Montpellier II, 1990
- [5] Y. Jannot, A. Degiovanni, G. Pavet « Thermal conductivity of insulating materials with a three layers device » International Journal of Heat and Mass Transfer 52, Vol. 7, N°3, pp. 48-52, 2007 1105-1111
- [6] SETRA et LCPC, « Conception et dimensionnement des structures de chaussées », Edition 1994.
- [7] J. FOURIER « Théorie analytique de la chaleur » 2004, Editions Jacques Gabay.
- [8] A. DIENG, L. OULD HABIBOULAHY, A. S. MAÏGA, A. DIAO et G. SISSOKO, « Impedance spectroscopy method applied to electrical parameters: determination on bifacial silicon solar cell under magnetic field » 2007, Journal des Sciences, Vol. 7, N° 3, 48-52
- [9] N. B. GUTTMAN, J. D. MATTHEWS, "Computation of extraterrestrial solar radiation, solar elevation angle and true solar time of sunrise and sunset", SOLMET Vol. 2- Final report, National Climatic Center, U.S. Department of Commerce (1979), pp49-52.
- [10] J. SCHMETZ, « Relationship between solar net radiative fluxes at the top of the atmosphere and at the surface », Journal of the Atmospheric Sciences, 50-8 (1993), pp1125
- [11] Y. TRAORE, I. DIAGNE, C. SARR, M. S. O. BRAHIM, A. K. DIALLO, H. L. DIALLO and G. SISSOKO « Influence of Thermal exchange coefficient on the heat retention rate of a concrete wall contiguous to a thermal insulation tow-plaster » 2016, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, N°5, ISSN 1819-6608.

ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL EN PROCESO DE RECATEGORIZACIÓN Y MEJORA ACADÉMICA MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA

[ANALYSIS OF THE UNIVERSITY OF GUAYAQUIL IN RECATEGORIZATION PROCESS AND IMPROVES ACADEMIC THROUGH THE USE OF TECHNOLOGY]

Juan Sánchez Holguín¹, Dunia Colomé¹, and Juan Pedro Febles Rodríguez²

¹Universidad de Guayaquil, Ecuador

²Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba

Copyright © 2017 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 authors present a preview of the accreditation process and recategorization of the University of Guayaquil, is explored briefly the process in itself. Is done also an analysis general of the cloister teaching and the distribution of students according to the mode of study: face-to-face, blended and to distance. He is an approach to the need to implement ICT in the process of teaching and learning at the University of Guayaquil based on the Horizon reports and choose the scheme of work posed by Malbernat (2014). Finally we have analyzed the results of applying the scheme of work an academic unit (computer systems race) of the University of Guayaquil and established conclusions based on the results, considering the way forward towards the implementation of technology and educational methodologies.

KEYWORDS: Technology education, e-learning, data mining, TIC skills.

RESUMEN: Los autores presentan un avance del proceso de acreditación y recategorización de la Universidad de Guayaquil, se explora brevemente el proceso en sí mismo. Se realiza además un análisis general del claustro docente y la distribución de estudiantes según la modalidad de estudio: Presencial, semipresencial y a distancia. Se realiza un enfoque de la necesidad de implementar TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje en la Universidad de Guayaquil basado en los Reportes Horizon y se escoge el esquema de trabajo planteado por Malbernat (2014). Finalmente se analiza los resultados de aplicar el esquema de trabajo a una unidad académica (Carrera de Sistemas Computacionales) de la Universidad de Guayaquil y se establecen conclusiones en base a los resultados obtenidos planteando el camino a seguir hacia la aplicación de tecnología y metodologías educativas.

PALABRAS-CLAVES: Tecnología educativa, e-learning, data mining, competencias TIC.

1 INTRODUCCIÓN

La Universidad de Guayaquil, como parte del cambio en las diferentes universidades de América Latina, también está incursionando en esta época de cambios y actualizaciones. Algunos puntos relevantes de dicha Universidad entre los cuales destacan su larga presencia histórica (más de 146 años de existencia), una trayectoria destacada al ser pionera en varios campos de desarrollo (inicios del Siglo XX), algunos presidentes del Ecuador salieron de sus aulas y también algunas personalidades que terminaron fundando prestigiosas instituciones de tipo privadas (educación pagada) de educación superior.

Lastimosamente, al final del siglo XX, la Universidad de Guayaquil tuvo un quiebre en su pujante esfuerzo de sobresalir, la institución permaneció relegada entre muchos aspectos, entre los cuales destaca la aplicación de la tecnología en el campo educativo. Por lo anteriormente mencionado, la Universidad de Guayaquil se la consideraba una institución educativa tradicionalista donde la clase magistral, el pizarrón y la tiza predominaban.

Cabe recordar que a inicios del Siglo XXI, la Universidad de Guayaquil comienza a experimentar una serie de cambios sustanciales durante la administración del Rector Dr. León Roldos Aguilera. Durante el actual Gobierno (Eco. Rafael Correa) la Universidad de Guayaquil dentro de los "Procesos de Acreditación" iniciados en el año 2010 por el Gobierno Nacional, es colocada en la categoría D (la más baja del actual escalafón), se produce el cierre de 46 de sus extensiones universitarias y luego de un proceso de intervención todo indica será ubicada en categoría B en Diciembre del año en curso (2016).

Para mejorar los resultados académicos obtenidos por los estudiantes, se ha propuesto un esquema e-learning complementario a las clases recibidas para fortalecer los conocimientos adquiridos por los educandos en el aula de clases. Cabe mencionar, el punto principal de la investigación desarrollada por los autores está dirigida a la capacitación de los docentes para la adecuada aplicación de la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje y de esa forma poder garantizar un efectivo uso inicial del esquema e-learning.

2 DESARROLLO

Como ya se ha mencionado, la Universidad de Guayaquil está en un momento crucial de su trayectoria histórica, amenazada con el cierre de la institución en caso de no lograr un cambio de categoría, salir del escalafón más bajo signado con la letra D; por lo cual, luego de un proceso de arduo trabajo, el pasado martes 6 de Septiembre del 2016, se hizo el anuncio por parte de las autoridades gubernamentales de control que la Universidad de Guayaquil pasaría a la categoría B y que los resultados definitivos se darían en Diciembre de 2016.

Una vez se conozca el resultado oficial, desde enero 2017 se iniciaría el proceso para lograr alcanzar la Categoría A en el 2018. Como parte del apoyo a este proceso de recategorización se planteó el presente estudio destinado a demostrar que una universidad considerada tradicionalista si puede y debe empezar a usar tecnologías educativas para mejorar su desempeño académico.

La Universidad de Guayaquil, ha comenzado a dar los primeros pasos institucionales siguiendo el ejemplo de otras universidades locales e internacionales. Cabe mencionar que dentro de estos pasos iniciales están una activa participación en la red de universidades CEDIA, la contratación de varios servicios de bibliotecas virtuales y la adquisición del hardware necesario para la implementación de moodle.

2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL CLAUSTRO DOCENTE

La Universidad de Guayaquil, como parte de los cambios mencionados, está inmersa en un proceso de actualización del claustro docente y es por ello que durante los últimos 18 meses. A los procesos de jubilación de personal docente de más de 65 años de edad, se han sumado los procesos de contratación de nuevos docentes y llamados a concursos de mérito y oposición para cubrir algunas plazas vacantes.

A estos nuevos docentes se les ha exigido, entre otras cosas, tengan título de cuarto nivel (mínimo maestría) la cual debe ser afín a la cátedra a dictar. Con esto, se ha logrado tener una nueva generación de docentes que satisfaga los requerimientos del proceso de acreditación.

También se está procurando preparar a muchos de los actuales docentes en procesos de investigación en cursos orientados a la obtención de títulos de PhD y ya se está mencionando la necesidad de ir consolidando una preparación post doctoral.

En los actuales momentos, a Julio 31 del año 2016, la Universidad de Guayaquil cuenta con 2957 docentes distribuidos como se muestra en la tabla #1 y su respectiva gráfica, cuyos datos han sido suministrados por la Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil. Cabe mencionar que para facilidad de apreciación, los porcentajes se han colocado en números cerrados.

Tabla 1. Información de la composición del claustro docente de la Universidad de Guayaquil

Total Docentes UG	Relación laboral		Grado científico			Dedicación (tiempo)	
	Nombramiento	Contrato	PhD	Magister	Solo 3er Nivel	Tiempo Completo	Medio/Parcial
2957							
Cantidad	1604	1353	84	2633	240	1598	1359
Porcentaje	54%	46%	3%	89%	8%	54%	46%

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

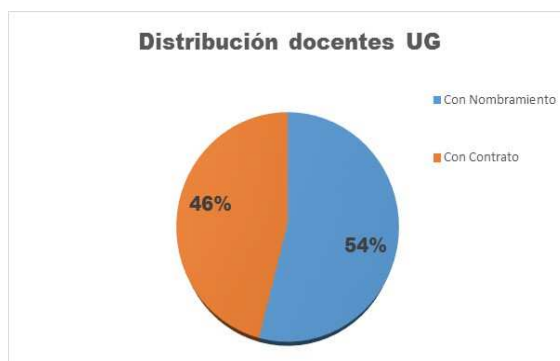


Fig. 1. Distribución Docentes de la Universidad de Guayaquil

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

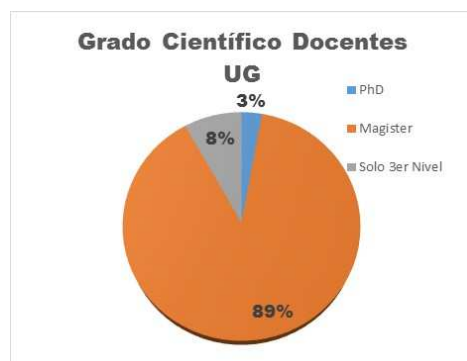


Fig. 2. Docentes de la Universidad de Guayaquil según su grado científico (académico)

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

Lo importante a tener presente: no es la cantidad sino la calidad lo que se debe busca, por ello es importante destacar los siguientes puntos que se presentan a continuación en relación al grado científico (académico) de los docentes y su dedicación en tiempo, datos proporcionados por la misma fuente ya mencionada.

Punto importante a destacar es la cantidad de PhD (un 3%) que debe incrementarse en los próximos 3 años y la cantidad de docentes con solo tercer nivel (8%) cantidad que debe disminuir en los próximos años, no por el despedido de dichos docentes (en su mayoría personal técnico y de apoyo) sino por su especialización y estudios de maestría.

Un punto importante, si bien es cierto los porcentajes de Tiempo Completo coinciden con los porcentajes de Docentes con Nombramiento (Tabla # 1) no es cierto que todos los docentes a tiempo completo tengan nombramiento.

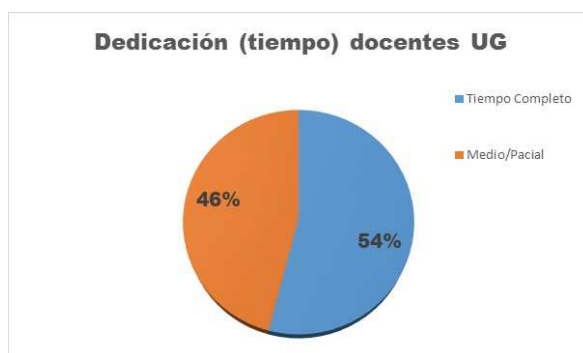


Fig. 3. Docentes de la Universidad de Guayaquil según su dedicación académica

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

2.2 BREVE ANÁLISIS DE LAS MODALIDADES DE ESTUDIO PARA LOS ESTUDIANTES

A continuación se presenta una distribución de los estudiantes en la Universidad de Guayaquil. Cabe mencionar que estos datos, así como los de los docentes, son generales y no están segmentados por facultades y/o carreras ofertadas en la Universidad de Guayaquil.

Tabla #2: Distribución de estudiantes en la Universidad de Guayaquil según su modalidad de estudio

Modalidad	Cantidad	Porcentajes
Presencial	53452	97%
Semipresencial	965	2%
A distancia	824	1%
Total	55241	100%

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

Si bien es cierto, ya con los valores se puede apreciar la cantidad desproporcionada de la modalidad presencial frente a las otras modalidades, los autores consideran necesario el presentar la respectiva gráfica según se ha estado exponiendo hasta este momento.



Fig. 4. Estudiantes de la Universidad de Guayaquil según modalidad de estudio

Fuente: Dirección de Evaluación y Acreditación de la Universidad de Guayaquil

Como se puede apreciar, la cantidad de estudiantes en modalidad a distancia, es muy pequeña en relación a la modalidad presencial y es la mitad de la modalidad semipresencial. No es objeto del presente documento el sugerir un cambio de modalidad de estudio en la Universidad de Guayaquil, pero si el justificar el haber mencionado su carácter de “educación tradicionalista” lo cual ha estigmatizado en los actuales momentos a la Universidad de Guayaquil.

Cabe mencionar además, este es el momento propicio para comenzar a ofertar estudios a distancia o en modalidad semipresencial como ya lo están haciendo en Ecuador muchas universidades de tipo privado, sin desmejorar la calidad de sus estudiantes. La misma plataforma de hardware y software destinado a incrementar estas modalidades de estudio, serían el complemento propicio para las herramientas TIC que podrían ayudar a la modalidad presencial según los autores están planteando en el presente estudio.

2.3 CAPACITACIÓN DOCENTE EN TIC

Ya en el Informe Horizon 2012: Perspectivas Tecnológicas Educación Superior en Iberoamérica 2012-2017, se plantea “...la computación en nube como una tecnología de aplicación inmediata. También coinciden en señalar que las analíticas de aprendizaje y el aprendizaje basado en juegos se adoptarán en los próximos dos o tres años...”. Todo eso está bien, pero cuando ya se tiene el esquema basado en TIC funcionando, recordemos no eliminando sino complementando los procesos de enseñanza aprendizaje.

Pero en el Informe Horizon del año 2016 en cambio se plantea el uso de esquemas innovadores, basados en estrategias digitales que permita el uso de tecnología de consumo y habilitación de otras tecnologías de aprendizaje usando Internet (cloud) y redes sociales con tecnologías de visualización todo esto unido en un solo esfuerzo que se traduce como la adopción del aprendizaje ubicuo (u-learning).

Los autores defienden la tesis de que primero se debe capacitar a los docentes en la correcta aplicación de las TIC al proceso de enseñanza aprendizaje. No es cuestión de solo usar presentaciones con un proyector y de vez en cuando enviar un correo. Esto va más allá de esa interacción. Es que el estudiante “sienta” que su docente conoce no solo de la materia sino de las herramientas que usa para lograr transmitir el conocimiento. Claro está que el uso de tecnología no es la panacea dorada donde todo será más fácil para el docente y el estudiante, es más demanda trabajo inicial y luego de mínimo 18 meses se podrán ver los resultados iniciales.

Para que lo anterior se cumpla de la mejor manera, es necesario aterrizar las ideas y determinar la realidad del conocimiento del tema de manejo de TIC por parte de los docentes. Una vez más los autores recalcan la diferencia entre conocer y aplicar adecuadamente las herramientas. Este proceso ya ha sido aplicado en otras universidades con resultados exitosos. Así, solo por mencionar dos ejemplos, se puede mencionar en España la Universidad de Murcia y en Argentina la Universidad de Mar del Plata.

El diagnóstico inicial está en proceso y ha sufrido una serie de atrasos por el proceso de acreditación y recategorización mencionado al inicio del presente documento. Los autores proponen adaptar el modelo propuesto por (Malbernat, 2014) el mismo que aparece en la figura 5. Basado en el enfoque de este modelo, se busca obtener una planta docente debidamente capacitada y preparada para poder “enseñar adecuadamente” a los estudiantes mediante el adecuado uso de las TIC.

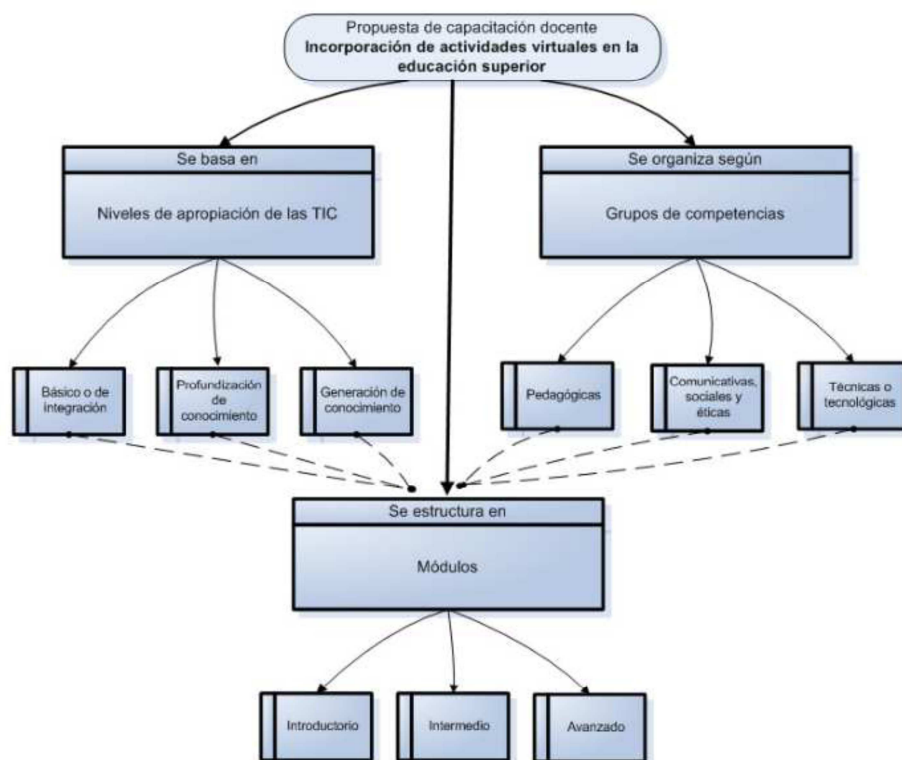


Fig. 5. Modelo Capacitación Docente en TIC (Malbernat, 2014)

Fuente: Capacitación docente: propuesta para incorporar TIC en educación superior

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante las demoras para aplicar las herramientas de análisis para todo el cuerpo docente de la Universidad de Guayaquil, se planteó la encuesta a la planta docente de la Carrera de Sistemas Computacionales (CISC) de la Universidad de Guayaquil, la cual a fines de Julio del 2016 cuenta con 85 docentes en la lista de distribución del correo institucional.

Se envió el correo a la lista de distribución con un link a la encuesta ubicada en el sitio <http://www.surveymonkey.com> y se obtuvieron algunos datos interesantes que a continuación destacamos.

De los 85 docentes en la lista de distribución del correo institucional, se obtuvieron 18 respuestas lo que en números redondos representa el 21% de los encuestados, lo cual sería una muestra representativa, pero de esos 18 solo 16 completaron toda la encuesta lo cual nos da un 19% de respuestas válidas, con lo cual se mantiene la validez de la información.

Un análisis básico del rango de edades (Figura # 6) de los encuestados nos indica que tendríamos 8 de cada 10 encuestados menores a 50 años, lo cual va de la mano con los planteamientos iniciales de renovación docente en la Universidad de Guayaquil.

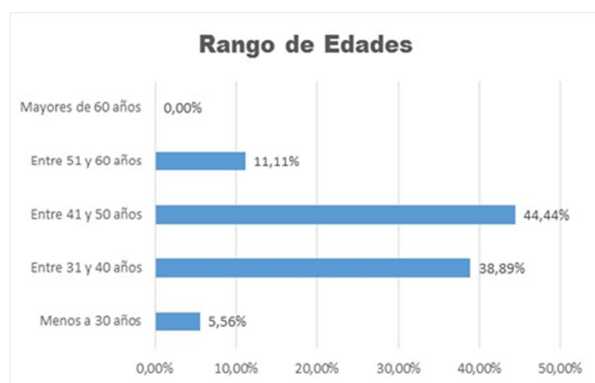


Fig. 6. Rango de edades de los docentes en CISC-UG

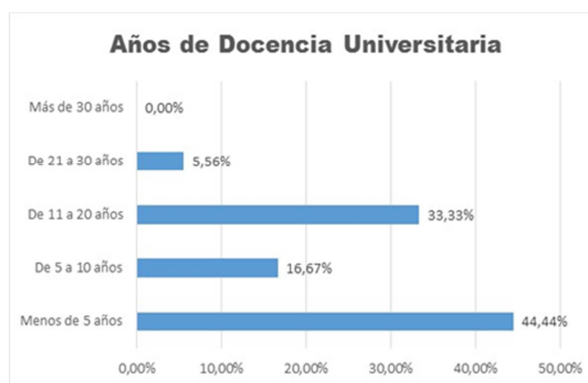


Fig. 7. Años de docencia universitaria docentes CISC-UG

Fuente: Datos de la investigación

Lo anterior iría muy de la mano con los años de docencia de los encuestados (Figura #7) ya que los resultados indican una planta docente bastante joven, pero con 4 de cada 10 encuestados con menos de 5 años de ejercicio docente y 6 de cada 10 con menos de 10 años de ejercer cátedra.

También se revisó el grado académico de los docentes evaluados, lo cual también está de la mano con las políticas de la Universidad respecto a títulos de cuarto nivel. (Figura 8)

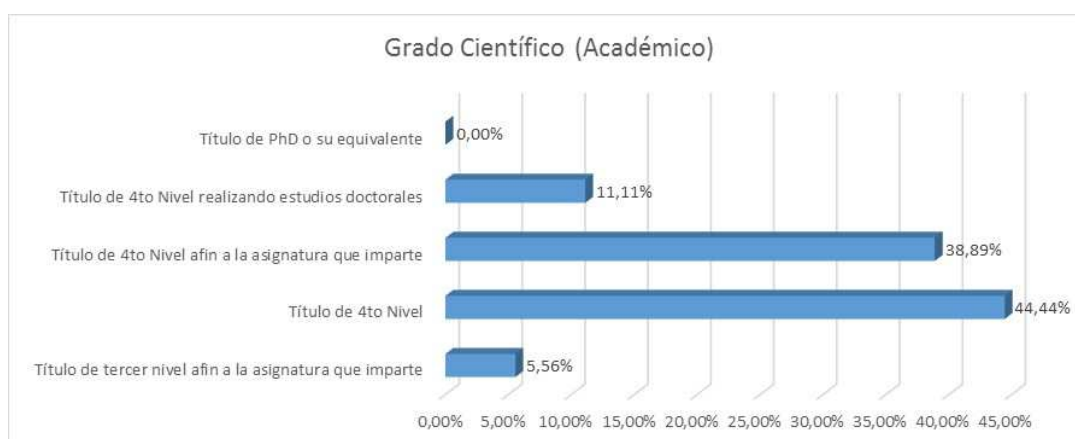


Fig. 8. Grado Científico (académico) de los docentes CISC-UG

Fuente: Datos de la investigación

Lo interesante son las respuestas a las preguntas sobre conocimiento y uso de TIC en la Educación (Tablas de la 5 a la 7). Los comentarios sobre esta información se analizarán en las conclusiones del presente trabajo.

TABLA #3: Conocimiento docentes CISC-UG impacto TIC en educación

			Muy Poco	Poco	Medio	Alto	Muy Alto
¿Qué conocimientos considera que posee sobre el papel que las TIC juegan en la futura profesión de sus alumnos?			0%	6%	13%	19%	63%
¿Qué conocimientos considera posee sobre las posibilidades que le ofrecen las TIC para enriquecer su labor docente?			0,00%	6,25%	18,75%	43,75%	31,25%
¿Qué conocimientos considera posee en la aplicación de los recursos TIC en la cátedra que labora?			0,00%	6,25%	18,75%	43,75%	31,25%
Tiene algún conocimiento sobre la política de uso de TIC en el aula que propone la UG			6,25%	31,25%	50,00%	6,25%	6,25%
Considera el uso de las TIC en la educación universitaria un recurso motivador para el estudiante			0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	75,00%
Participa en actividades formativas orientadas al conocimiento del uso de las TIC en el aula			0,00%	0,00%	25,00%	56,25%	18,75%
Alguna vez ha publicado información en Internet			12,50%	12,50%	12,50%	50,00%	12,50%

Fuente: Datos de la investigación

TABLA #4: Conocimiento docentes CISC-UG herramientas TIC

			Nada	Muy Poco	Medio	Bastante	Mucho
Correo Electrónico			0,00%	0,00%	0,00%	6,25%	93,75%
Foros			0,00%	12,50%	18,75%	18,75%	50,00%
Chat / Whatsapp / Skype			0,00%	12,50%	0,00%	6,25%	81,25%
Redes Sociales (Facebook, Twitter, etc.)			12,50%	0,00%	6,25%	18,75%	62,50%
Trabajo colaborativo (Blogs, Wikis)			0,00%	18,75%	18,75%	25,00%	37,50%
Video Conferencias			6,25%	6,25%	43,75%	6,25%	37,50%
Herramientas de búsqueda (Google, bibliotecas electrónicas, etc.)			0,00%	0,00%	18,75%	18,75%	62,50%
Publicaciones en red (slideshare, Picasa, Flickr)			6,25%	6,25%	31,25%	31,25%	25,00%
Entornos virtuales como Moodle			18,75%	0,00%	18,75%	12,50%	50,00%
Editores de texto			0,00%	0,00%	31,25%	12,50%	56,25%
Presentaciones visuales (PowerPoint, Prezi, otros)			0,00%	6,67%	0,00%	33,33%	60,00%

Fuente: Datos de la investigación

TABLA #5: Conocimiento docentes CISC-UG uso herramientas TIC en clase

			Nada	Muy Poco	Medio	Bastante	Mucho
Correo Electrónico			0,00%	0,00%	13,33%	6,67%	80,00%
Foros			0,00%	26,67%	40,00%	20,00%	13,33%
Chat / Whatsapp / Skype			0,00%	13,33%	13,33%	20,00%	53,33%
Redes Sociales (Facebook, Twitter, etc.)			6,67%	20,00%	20,00%	26,67%	26,67%
Trabajo colaborativo (Blogs, Wikis)			0,00%	26,67%	40,00%	13,33%	20,00%
Video Conferencias			13,33%	20,00%	33,33%	6,67%	26,67%
Herramientas de búsqueda (Google, bibliotecas electrónicas, etc.)			0,00%	0,00%	20,00%	26,67%	53,33%
Publicaciones en red (slideshare, Picasa, Flickr)			7,14%	28,57%	21,43%	21,43%	21,43%
Entornos virtuales como Moodle			20,00%	13,33%	33,33%	6,67%	26,67%
Editores de texto			0,00%	13,33%	20,00%	20,00%	46,67%
Presentaciones visuales (PowerPoint, Prezi, otros)			0,00%	6,67%	0,00%	13,33%	80,00%

Fuente: Datos de la investigación

Los autores no pueden terminar esta parte del documento, sin expresar su nivel de preocupación ante la posibilidad de tener una generación de docentes jóvenes con poca experiencia en educación superior y que estén ligeramente desviados en el concepto de usar TIC en el aula de clases.

Los autores también reconocen el hecho de que en muchas Universidades del mundo se habla ya no solo de herramientas TIC, también se está trabajando en herramientas TAC (Tecnologías del Aprendizaje y Conocimiento) y ya está surgiendo un nuevo concepto con las TEP (Tecnologías del Empoderamiento y Participación), todo esto nos llevará al llamado “Aprendizaje Ubicuo” (u-learning), donde se plantea espacios de aprendizaje personalizados para cada estudiante para que pueda aprender “desde cualquier lugar a cualquier hora”. Todo este camino debe recorrer la Universidad de Guayaquil pero debe transitarlo de manera segura para que no se convierta este proceso de cambio en una molesta actividad que ni los docentes ni los estudiantes puedan aprovechar.

3 CONCLUSIONES

Como se ha podido observar, la encuesta planteada a 85 docentes solo recibió un 21% de respuestas. La primera conclusión es que el 79% restante no leyó el correo o si lo leyó no quiso contestar la encuesta. Más nos preocupa la primera posibilidad ya que ello significaría que muchos docentes no usan la herramienta institucional y eso haría fallar posibles análisis posteriores. Otra posibilidad es que la lista de distribución no está debidamente actualizada y si ese fuera el caso, correr la encuesta en la toda la universidad sería correr el riesgo de obtener un posible resultado erróneo.

Los primeros resultados mostrados (Rango de edades, años de docencia y grado académico) están de la mano con las políticas de la Universidad de Guayaquil, lo cual garantiza tendríamos material humano adecuado para el proyecto de capacitación docente en manejo de TIC planteado.

Del análisis de la tabla 3 podemos ver los docentes manifiestan conocer el impacto de las TIC en el aula hasta el punto de manifestar conocer las políticas de TIC en la Universidad de Guayaquil, políticas que hasta el momento de escribir el presente documento aún no han sido socializadas.

Las tablas 4 y 5 van de la mano ya que en la primera tabla se pregunta si conoce la herramienta (su existencia y uso) y en la segunda si aplica la herramienta actualmente en clase. Vemos hay algunos resultados que pueden parecer lógicos (por ejemplo el correo electrónico) pero otros como el caso de los foros donde 5 de cada 10 encuestados indican conocer mucho de los foros, solo 1 de cada 10 reconoce lo usa mucho en las clases, pese a que en la encuesta no se pregunta cómo lo usa, ya que la idea es usar el foro para “discutir” los temas de clases y no para consultar en los foros sobre el tema tratado. Tema similar el de las videoconferencias donde los docentes manifiestan un modesto conocimiento también mencionan un buen uso de la herramienta pero la conectividad en el edificio de CISC no es buena y si lo que usan es una “grabación de la conferencia” eso no es en nada cercano a una videoconferencia en la cual se puede interactuar con el expositor en línea.

También vemos que 5 de cada 10 docentes manifiestan conocer moodle pero solo 2 de cada 10 lo usan. En este caso no deben ser moodle de la institución por cuanto no contamos con dicha herramienta en CISC. Siendo una carrera técnica es lógico pensar el uso de herramientas tecnológicas es alto y eso lo podemos ver en el caso de las presentaciones donde 6 de cada 10 docentes manifiestan conocer mucho de este tema y 8 de cada 10 manifiesta usar la herramienta en clases. Con todo esto podemos concluir que tenemos el típico caso de los docentes que usan proyector y láminas de presentaciones creyendo que aplican TIC en el aula pero no usan las otras herramientas que pueden ayudar a complementar el proceso enseñanza aprendizaje de mejor manera.

REFERENCIAS

- [1] Diario El Universo. (2016, septiembre 6). Universidad de Guayaquil sube a la categoría B - Gran Guayaquil - Noticias | El Universo. Recuperado 7 de septiembre de 2016
A partir de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/09/06/nota/5786160/universidad-guayaquil-pasa-categoria-d-b>
- [2] Diario El Universo. (2016, septiembre 9). En diciembre recién se sabrá si la universidad de Guayaquil va a categoría B - Gran Guayaquil - Noticias | El Universo. Recuperado 12 de septiembre de 2016
A partir de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/09/09/nota/5789664/diciembre-recien-se-sabra-si-estatal-va-categoria-b>
- [3] Escamilla, José Guadalupe. (2013, diciembre). Avances en la enseñanza a distancia de la ingeniería. Recuperado 3 de marzo de 2015
A partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121030106011>

- [4] Etienne Lefranc H. (2005). Construyendo un modelo de enseñanza en ingeniería. Recuperado 3 de marzo de 2015, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20812103>
- González, M., Estrada, V., Batista N., & Calderón, A. (2009). El sistema integrado y progresivo de medios de enseñanza. Alternativa para la modalidad semipresencial. La Habana, Cuba. ISBN – 978-959-7139-70-6.
- [5] Horizon Report: Perspectivas Tecnológicas Educación Superior en Iberoamérica 2012-2017. Un análisis Regional del Informe Horizon del NMC y la UOC. ISBN 978-0-9846601-9-3. © 2012, The New Media Consortium y Universitat Oberta de Catalunya
- [6] Horizon Report > 2016 Higher Education Edition. ISBN 978-0-9968527-5-3. © 2016, The New Media Consortium
- [7] Malbernat, L. R. (2014). Capacitación docente: propuesta para incorporar TIC en educación superior (pp. 174–183). La Rioja: SEDICI. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38502>
- [8] Martínez Moscoso, A., & Vázquez, P. (2012). La importancia de la evaluación en las instituciones educativas conforme a la nueva Ley Orgánica de Educación Superior en el Ecuador. RIEE. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa. Recuperado a partir de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/661737>.
- [9] Ramírez, M. S. (2013). Casos de formación e investigación en el área del movimiento educativo abierto en Latinoamérica: Alcances retos y oportunidades, En Canto, P.(Coord.) Educación a distancia y tecnologías de la información y comunicación (pp. 113-126). Yucatán, México: unas letras industria editorial. Edición impresa: ISBN: 978-607-9054-32-8.
- [10] Rojas, J. E. (2011). Reforma universitaria en el Ecuador. Etapa de transición. Innovación Educativa, 11(57), 59-67.
- [11] Román Mayorga. (1999). Los desafíos a la universidad latinoamericana en el siglo XXI. Universidad siglo XXI. Universidad século XXI. Recuperado 2 de septiembre de 2015
A partir de <http://www.rieoei.org/rie21a02.htm>
- Aguilera, J. R., Hernández, M. E., Lugo, A. (2011). Formación docente en modalidad virtual como forma de introducir un discurso ideológico en la educación.
- [12] Ruiz-Larraguivel, E. (2011). La educación superior tecnológica en México. Historia, situación actual y perspectivas. Revista Iberoamericana de Educación Superior, 2(3).
Recuperado a partir de <http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/43/228>.
- [13] Sánchez Juan, Febles Juan, Colomé Dunia. LAS COMPETENCIAS EN TIC Y LA CALIDAD EDUCATIVA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. International Journal of Innovation and Applied Studies (Revista IJIAS) ISSN 2028-9324 Vol. 15 No. 3 Apr. 2016, pp. 515-522.
- [14] Sánchez Juan, González Mario, Febles Juan, Colomé Dunia. UN MODELO DE APLICACIÓN DE TIC PARA MEJORAR LA CALIDAD EDUCATIVA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. PRIMER CONGRESO CIENTÍFICO INTERNACIONAL “Sociedad del conocimiento: retos y perspectivas” ECOTEC Septiembre 2016
- [15] Santos, H. C. (2014, February). Construyendo un sistema de mejoramiento y aseguramiento de la calidad: El proceso de evaluación y acreditación de la educación superior de Ecuador. In Congreso Internacional INFOACES2013.
- [16] Vidal Ledo, María Josefina; Regla Alfonso, Ileana; Zaca Peña, Grisell & Martínez Hernández, Gisella. (2013). Búsqueda Temática Digital: Recursos de Educativos Abiertos (REA) | Vidal Ledo | Educación Médica Superior. Recuperado 12 de marzo de 2015, a partir de <http://www.ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/142>.

Risques Sanitaires associés à la Campylobacteriose dans les élevages avicoles

[Sanitary risks associated to Campylobacteriose in The poultry farms]

K. Es-soucratti^{1,2}, B. Bouchrif², A. Hammoui¹, and N. Cohen²

¹Laboratoire de Microbiologie, Pharmacologie, Biotechnologie et Environnement, Université Hassan II, Faculté des Sciences
Ain Chock, Casablanca, Maroc

²Laboratoire de microbiologie, département d'hygiène des aliments, produits et environnement, Institut Pasteur Maroc,
Casablanca, Maroc

Copyright © 2017 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 poultry area knew a remarkable development in the last decades within the Moroccan and worldwide territory, but it constitutes a serious problem of public health. The genus *Campylobacter* is the causative agent of the vast majority of cases of human Campylobacteriosis and food poisoning throughout of origin in the poultry products. This pathogenic and ubiquitous bacteria in the environment and livestock sector primary poultry farm and able of colonizing in the tract digestive. In effect, these stocks cause diseases with strong impact constitute a danger in constant increase such as gastroenteritis and of complications extra-intestinal. Besides, these invasive bacterium introduce a resistance to certain antibiotics, but what is worrying, that they acquired a resistance to antibiotics prescribed for the treatment of the serious epidemics. This zoonose makes a major risk of public health. To diminish the impact of campylobacteriosis at Man, it requires a strategy of conflict against *Campylobacter* on the whole food production circuit of animal husbandry up to the end product, implicating good health practices and installation of a system of surveillance aiming at triggering off health alerts in time and in space.

KEYWORDS: Sanitary risks, Campylobacteriose, poultry farms.

RÉSUMÉ: Le secteur avicole a connu un essor remarquable ces dernières décennies au sein du territoire marocain et mondial, mais il constitue un grave problème de santé publique. Le genre du *Campylobacter* thermotolérant est l'agent causal de la grande majorité des cas de campylobactériose humaine et de toxi-infection alimentaire d'origine alimentaire dans les produits avicoles. Cette bactérie pathogène est ubiquiste et omniprésente dans l'environnement et les filières animales principalement les élevages avicole et capable de coloniser dans le tractus digestifs. En effet ces souches provoquent des maladies à fortes incidences constituant un danger en augmentation constante tel que gastro-entérites et des complications extra intestinales. En outre, ces bactéries invasives présentent une résistance à certains antibiotiques, mais ce qui est inquiétant, qu'elles ont acquis une résistance à des antibiotiques prescrits pour le traitement des épidémies graves. Cette zoonose fait un risque majeur de santé publique. Afin de diminuer l'incidence de Campylobacterioses chez l'Homme, une stratégie de lutte contre *Campylobacter* est nécessaire sur l'ensemble du circuit de production alimentaire de l'élevage jusqu'au produit fini, impliquant les bonnes pratiques sanitaires et la mise en place d'un système de surveillance visant à déclencher les alertes sanitaires dans le temps et dans l'espace.

MOTS-CLEFS: Secteur avicole; Campylobactériose; Toxi infection des aliments; *Campylobacter*; Santé publique.

1 INTRODUCTION

Le secteur avicole représente une composante essentielle de l'activité industrielle mondiale et en évolution constante soit entre 2007 et 2014 cette production est passée de 70 millions de tonnes de viandes de volailles et atteint 107,6 millions de tonnes en 2014 avec une augmentation de 19% en 6 ans. Ainsi la production mondiale d'œuf de consommation a atteint 68,3 millions de tonnes en 2013 soit une hausse de 3 % par rapport à 2012.

Au Maroc ce secteur constitue l'activité agricole la plus dynamique, avec une production en 2014 de 534 000 tonnes de viandes de volailles et 5 milliards d'œufs de consommation. Ce secteur constitué par un secteur traditionnel fermier existe dans tous les régions de pays avec une forte concentration de l'élevage de la dinde dans la région doukala et chaouia et un secteur industriel intensif présent dans la plupart des régions de pays avec une très forte concentration sur la côte atlantique, précisément au niveau de kénitra – El jadida, représente 48% de la capacité totale d'incubation des couvoirs de type chair et 75% de celle des couvoirs de type ponte. Elle englobe également 73% des élevages de pondeuses d'œufs de consommation, 42% des élevages de poulets de chair et 91% des élevages de dindes. Cette répartition géographique des cheptels avicoles nationaux liées aux rigueurs du climat (gradients Nord-Sud et Ouest-Est) et à la répartition démographique. Ces deux types d'élevage contribuent à la couverture des besoins nutritionnels de la population en protéines. En effet la consommation annuelle de viande de volaille et des œufs par individu est atteint de 17 kg et 168 unités en 2014. Cependant la problématique de la filière avicole sur le plan sanitaire a un effet néfaste sur la santé publique. En effet la maîtrise du risque sanitaire touchant la santé humaine et animale reste un problème posé même dans les pays développés. Les produits avicoles sont à l'origine de pathologies microbiennes et de toxi –infection alimentaires dans le monde, tel que la Campylobactériose, la Salmonellose et autres, en conséquence le coût de la Campylobactériose pour les systèmes de santé publique et en termes de perte de productivité dans l'UE est estimé par l'EFSA à environ 2,4 milliards d'euros par an, Avec environ 200 000 cas humains par an infectés par *Campylobacter* d'origine alimentaire la plus fréquemment signalée dans l'Union européenne (UE) [1].

2 CAMPYLOBACTERS

2.1 TAXONOMIE ET NOMENCLATURE

Cette bactérie est classée en 1918 par Smith dans l'espèce *Vibrio* à cause de sa forme spiralée et il l'identifie comme *Vibrio fetus* [2] avant l'appellation du genre *Campylobacter* en 1963 proposé par Sebald et Veron [3]. L'argumentaire repose alors d'une part sur que les Campylobacters ne peuvent pas utiliser les sucres contrairement aux *Vibrio* et que d'autre part le fait que leur contenu Guanine Cytosine (GC) de leur ADN (29-30 %) est différent de celui des *Vibrio* (40-52 %) [4,5]. L'isolement des souches de *Campylobacter* a été réussi en 1972 par Dekeysser à partir d'un échantillon de selles recueilli chez des enfants avec une entérite hémorragique grâce à une méthode de filtration [6]. Durant des années 70 avec l'apparition du milieu sélectif d'isolement (Skirrow), les bactéries du genre *Campylobacter jejuni* et de *Campylobacter coli* ont été reconnues comme bactéries pathogènes pour l'homme [7,8,9,5,10]. La classification du genre *Campylobacter* a été proposée en 1973 par Véron et Chatelain que *Campylobacters* se divisent en trois groupes qui se distinguent par leurs caractères phénotypiques :

- ✓ Les Campylobacters catalase positive et H₂S négative (*C. fetus* subsp. *Fetus* et *C. fetus* subsp. *Venerealis*).
- ✓ Les Campylobacters catalase positive et H₂S positive (*C. coli* et *C. jejuni*).
- ✓ Les Campylobacters catalase négative (*C. sputorum* subsp. *Bubulus* et *C. sputorum* subsp. *Sputorum*).

En 1980, ces différentes espèces ont été officiellement listées dans les « Approved Lists of Bacterial Names » [11].

Le genre *Campylobacter* appartient à la famille de *Campylobacteraceae* est placé dans la classe de *Epsilonproteobacteria* (phylum des "*Proteobacteria*", règne des "*Bacteria*" ou des "*Eubacteria*") [12]. Ce genre est divisé en 25 espèces, 2 espèces provisoires et 8 sous-espèces [13]. Parmi ces espèces on trouve deux espèces principales sont *C. coli* et *C. jejuni*. Cette dernière se divise en deux sous-espèces: *doylei* et *jejuni*. La référence de la nomination de *C. jejuni* revient à *Campylobacter jejuni jejuni*. Elle cause environ 90 % des Campylobactérioses humaines [14].

2.2 CARACTÈRES PHÉNOTYPIQUES ET BIOCHIMIQUES

Les Campylobacters sont des bacilles à Gram négatif, non sporulées, en forme de spirale élancée (incurvé ou en S), appelées aussi « splendor spiral » ou qualifiées de « corkscrew-like » [15]. Cette forme pouvant évoluer en une forme coccoïde considérée comme une forme de dégénérescence [16]. On trouve cette forme surtout chez *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, alors qu'il existe d'autres espèces présentent des formes différentes : bâtonnets, incurvés et spiralées

[17]. Les espèces de *Campylobacters* mesurent de 0.5 à 5 µm de long et 0.2 à 0.8 µm de large, présentent généralement un ou deux flagelles polaires à chaque extrémité, elles sont très mobiles grâce à un mouvement typique comme un « vol de moucheron » ou « en tir-bouchon » [16]. Sachant qu'il existe des espèces qui présentent d'autres particularités : telles *Campylobacters howae* qui possède 2 à 5 flagelles polaires, *Campylobacter gracilis* qui est immobile et dépourvue de flagelle, [17,12]. Les flagelles de *C. jejuni* / *C. coli* jouent un rôle important à la formation de biofilm [18]. et à la sécrétion d'effecteurs pour la colonisation des poulets non seulement la motilité de la bactérie [19]. Ces bactéries nécessitent des conditions favorables de multiplication une atmosphère microaéroophile et à métabolisme respiratoire, elles exigent 3 à 15% d'O₂ et 35% de CO₂. Tandis que d'autres espèces de *C. rectusn* et *Campylobacter curvus* sont capables de croître en présence de 1 à 5% d'O₂, mais cultivent mieux en anaérobiose. Par contre les souches de *Campylobacter hominis* ne peuvent croître qu'en anaérobiose [11]. Ainsi ces bactéries sont plus sensibles à l'oxygène, car il devient plus toxique pour plusieurs enzymes de la bactérie [20]. Les espèces de *Campylobacters* exigent une température de croissance optimale située entre 37°C et 42°C [21]. mais la culture à 42°C reste une température différentielle car seules les espèces *C. jejuni*, *C. coli*, *C. upsaliensis* et *C. lari* sont capables de se multiplier à cette température. Ces espèces sont alors dites thermotolérantes [22]. En effet ces bactéries sont mieux conservées à 4°C qu'à 25°C [23,24]. et pour une période pouvant atteindre jusqu'à 7 mois [25] avec un métabolisme actif de la bactérie à 4°C [26]. Les *Campylobacters* sont très sensibles à la dessiccation parce qu'elle diminue la résistance de la bactérie aux stress environnementaux qui l'empêchent de se développer et de se multiplier hors de l'hôte ou dans les aliments [27]. Ces bactéries nécessitent aussi un pH de croissance optimale situé entre 6,5 et 7,5 et elles peuvent survivre à un pH allant de 4 à 9 [28]. Mais les *Campylobacters* thermotolérants sont plus sensibles au choc alcalin qu'au choc acide [29]. Les espèces de *Campylobacters* ne sont pas halophiles, se multiplient dans des conditions où la salinité est faible entre 0,5 à 1,5% de NaCl et l'optimum de croissance est obtenu avec 0,5% de NaCl [30]. Cependant ces bactéries peuvent survivre jusqu'à 4,5% de NaCl [29]. Les *campylobacters* se caractérisent par une catalase positive, ne fermentent pas les sucres même en milieux peu tamponnés, il n'y a jamais production d'acide et tirent leur énergie via des réactions de phosphorylation oxydative parce qu'elles possèdent des cytochromes de type b et de type c de ce fait la réaction d'oxydase est toujours positive [31]. Sensible à l'acide nalidixique, résistante à la céphalotine et hydrolyse l'hippurate. Elles possèdent des cytochromes de type b et de type c de ce fait la réaction d'oxydase est toujours positive [31]. Elles n'hydrolysent ni la gélatine ni l'urée à l'exception de quelques souches atypiques de *C. lari* et des souches de *C. sputorum* biovar *Paraureolyticus*. Ces *Campylobacters* sont dépourvues de lipase et de lécithinase avec l'incapacité de produire les pigments [11].

2.3 CARACTÈRES GÉNOTYPIQUES

Le patrimoine génétique des espèces du *Campylobacters* sont généralement 14 qui ont été complètement séquencés et le genre *Campylobacter jejuni* est la première souche entièrement séquencée, son génome NCTC 11168 a été publié en Février 2000 [32]. Cette dernière ne possède qu'un seul chromosome circulaire de très petite taille 1,64Mb par rapport le génome d'*Escherichia coli* est d'environ 4,6 Mb [33]. Pour lequel le contenu des bases azotées GC oscille des limites très étroites entre 30,31% et 30,62% est prévu de coder pour 1 654 protéines et 54 types d'ARN. Ce séquençage du génome a révélé la présence des zones hypervariables (12 régions) codant soit pour la biosynthèse parmi eux la capsule, les lipooligosaccharides de surface (LOS), le flagelle et les systèmes d'enzymes de restriction, ou codant pour la modification structurale du microorganisme comme le changement de phénotype par une simple mutation ponctuelle, est due à « slipped-strand mispairing » qui cause des mutations du cadre de lecture et qui peut influencer des propriétés phénotypiques telles que la motilité et l'auto agglutination [34,35]. Ces événements situés généralement dans les zones riches en A/T [20]. Alors que d'autres régions leur fonctionnalité est inconnue. Ces variations génétiques jouent un rôle important et confère au microorganisme la capacité d'adaptation ainsi de sa capacité à coloniser les oiseaux [35,36]. Le matériel génétique des *Campylobacters* est naturellement compétent et facilement transformable ce qui permet d'obtenir de nouveau élément génétique via le mécanisme de la conjugaison et la transduction [37]. Les plasmides, presque toujours circulaires (sauf *Campylobacter jejuni* subsp. *jejuni* 81-176 qui abrite un plasmide linéaire en plus de ses autres plasmides circulaires), parfois absents, parfois présents jusqu'à 5, ont un contenu GC en général inférieur à celui du chromosome avec lequel ils cohabitent. Sauf certains cas de *Campylobacter hominis* ATCC BAA-381, dont le contenu GC du plasmide 34.15% est supérieur à celui du chromosome qui est de 31.73%. On trouve ainsi des prophages au sein des *Campylobacters* spp. [38].

3 ÉPIDÉMIOLOGIE

3.1 RÉSERVOIRS

Les *Campylobacters* sont considérés comme des bactéries peu ou non pathogènes pour les animaux, par contre pathogène pour les humains et elles colonisent le plus souvent les selles, à l'exception de *Campylobacter fetus* subsp. *Veneralis* que l'on retrouve dans le sang.

Chez les animaux, généralement les *Campylobacter* colonisent le tractus digestif et se répartissent en des niches écologiques différentes selon les espèces. On trouve les principaux réservoirs de *Campylobacter jejuni* (65-95%) et à moindre mesure le *Campylobacter coli* au niveau des oiseaux sauvages et domestiques tels que les volailles [39, 40, 41, 42]. *Campylobacter lari* se retrouve chez les bovins, poulet, canards, les mouettes et d'autres animaux marins. Concernant les *Campylobacter upsaliensis* sont présentes chez les chats et les chiens [13]. On peut dire que les animaux sont des porteurs sains, mais ils peuvent aussi être régénérateur d'autre réservoir secondaire de ces bactéries du fait de leur présence dans le tractus digestif des animaux, les déjections peuvent contaminer les sols et les rivières, des lacs, des étangs et autres.

3.2 TRANSMISSION

Le mode de transmission de *Campylobacter* à l'Homme est varié, provenant de différentes sources peut être par la consommation de viande de poulet insuffisamment cuite, ou contaminée par du poulet non cuit (contamination croisée) qui représente 50 à 70% des sources d'infection [43,44]. Ainsi d'autre source de contamination par *Campylobacter* est l'eau potable insuffisamment traitée et le lait ou les produits laitiers non pasteurisés [45]. Mais la transmission interhumaine est rare [46].

4 PATHOLOGIE ASSOCIES AUX CAMPYLOBACTERS

Les *Campylobacters jejuni* et *coli* sont responsables de l'apparition de la Campylobactériose chez l'homme, ils infectent l'intestin et le côlon et provoquant une gastroentérite aiguë [47], des complications intestinales et extra intestinales.

4.1 GASTRO-ENTÉRITES À CAMPYLOBACTER

Les *Campylobacters* thermotolérants et surtout *Campylobacter jejuni* sont essentiellement la cause de l'apparition des symptômes de gastro-entérites qui se traduisent par une diarrhée sanglante qui peut être liquide ou visqueuse associée à des crampes abdominales [20], ainsi que de la fièvre, des vomissements, des nausées et des céphalées [7]. Les symptômes observés restent proches et moins intenses que lors d'infection à *Salmonella* spp ou *Shigella* spp et persistent pendant un à quatre jours et même les douleurs abdominales peuvent rester au bout de quelques semaines [48]. Généralement la durée d'incubation de la maladie est en moyenne de 1 à 10 jours selon l'état des sujets : enfants, personnes âgées, diabétiques, sidéens, qui sont les plus prédisposés à développer un tableau clinique plus sévère [49].

4.2 COMPLICATION INTESTINALES

Entérocolite

L'entérite à *Campylobacter* c'est une inflammation des muqueuses de l'intestin grêle, peut se compliquer par une colite aiguë qui se caractérise par des crampes abdominales péri-ombilicales en plus des nausées et de la diarrhée profuse. Des lésions se manifestent au niveau du colon sont observées lors de l'examen coloscopique et histologique évoquent celles de la maladie de Crohn [50].

Syndrome de l'intestin irritable

Le syndrome de l'intestin irritable résulte par un trouble digestif qui se caractérise par des malaises et des sensations douloureuses. Ces symptômes sont associés par une modification de la vitesse de transit des aliments dans l'intestin [48]. Ainsi le syndrome de l'intestin irritable apparait lorsque la Campylobactériose persiste plus de 7 jours [51].

4.3 COMPLICATIONS EXTRA INTESTINALES

Syndrome de Guillain-Barre (SGB)

Le SGB est la complication la plus importante [52]. et plus sévère dû à une infection à *Campylobacter* [53]. C'est une polyradiculonévrite aiguë inflammatoire auto-immune avec un déficit moteur à évolution ascendante des 4 membres, et une dissociation albumino-cytologique du liquide céphalo-rachidien [52]. Ce syndrome caractérisé par des réactions auto-immunes causées par le mimétisme moléculaire des sucres du lipooligosaccharide de surface de *C. jejuni* lesquels ressemblent beaucoup aux gangliosides du système nerveux chez l'humain [54]. Ces réaction auto-immune attaquent les nerfs périphériques et provoquent une paralysie neuromusculaire [55]. Ce syndrome est mortel dans (5%) des cas et peut laisser des gens qui en souffrent avec des séquelles dans (20%) [56].

Syndrome de Miller-Fisher (SMF)

Le syndrome de Miller-Fisher est une variante du syndrome de Guillain-Barré, C'est une maladie auto-immune avec des anticorps antigangliosides (AC anti-GQ1b) dirigés contre la myéline se trouvant dans les nerfs périphériques [57], il se caractérise par une ophtalmoplégie avec un déficit des mouvements oculaires, une ataxie et une aréflexie ostéotendineuse, [30].

Syndrome de Reiter

La maladie de Reiter ou syndrome conjonctivo-uréthro-synovial est caractérisée par une urétrite non gonococcique, une conjonctivite habituellement bilatérale et des manifestations articulaires. Ce syndrome accompagné aussi avec des signes généraux des manifestations digestives, diarrhée, entérite, des lésions de muqueuses. Cette maladie atteint en général des personnes immunodéprimées. [58,59].

5 TRAITEMENT

La campylobactériose est une maladie qui n'est pas traitée toujours avec des antibiotiques, normalement les infections à *Campylobacter* sont auto-limitantes entre 1 à 10 jours, surtout pour les gastro-entérites, il suffit de boire beaucoup afin d'acquérir une bonne réhydratation et un apport en électrolyte et pour éviter la déshydratation due à la diarrhée, mais si les symptômes de la maladie persistent plus qu'une semaine, le traitement par antibiotique est recommandé, surtout dans les cas graves et chez les personnes immuno supprimées (les enfants, les diabétiques et les personnes âgées) [51]. Le traitement antibiotique doit être administré tôt pour ces personnes. Afin d'éviter les complications liées à la maladie, pour que l'intensité de certains symptômes et la durée de la maladie soit réduite [60]. Certaines antibiothérapies peuvent être compromises par la résistance des souches à certains antibiotiques [51], ceci est dû essentiellement à l'utilisation abusive des antibiotiques comme facteurs de croissance dans les élevages [61]. De ce fait le choix de l'antibiotique pour traiter la campylobactériose est l'utilisation de macrolides (Erythromycine et Azithromycine) suivie de l'utilisation de Fluoroquinolones (Ciprofloxacine et Norfloxacine) [62,63, 64]. Ainsi on peut utiliser les aminoglycosides administrés par voie intraveineuse lors d'infection très sévère ou de septicémie [63]. et pour le syndrome de Guillain Barré, le traitement consiste en une plasmaphérèse [53].

6 LES TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES

Les toxi-infections alimentaires bactériennes due à la transmission de l'agent pathogène de l'animale à l'homme (zoonose), sont responsable de la majorité des cas de maladies aiguës, ces toxi-infections peuvent être épidémique et on parle de toxi-infection alimentaire collective (cas groupés ou foyers épidémiques), définis par au moins 2 cas d'infections d'une même maladie chez les personnes qui ont partagé le même repas, ou à des infections sporadiques (en cas isolés).

Les *Campylobacter jejuni* et *coli* sont à l'origine de ces toxi-infections alimentaires, le plus souvent sporadique et aussi collective avec tendance saisonnière (pic en été). Et selon le dernier rapport annuel sur les zoonoses et les épidémies d'origine alimentaire de l'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et du centre européen de contrôle des maladies (ECDC), publié en mars 2012, met en évidence les tendances en matière d'intoxications alimentaires à l'échelon européen, que les *Campylobacter* thermotolérants sont la première cause d'intoxications alimentaires aux États-Unis et au Royaume- Uni, qui elle augmente depuis 2005. Ces toxi-infections sont responsables des cas de campylobacteriose humaine.

En effet dans l'UE l'incidence annuelle de la campylobactériose est de 41 pour 100 000 habitants par an avec de 214 000 cas d'infections en 2012, cependant cette zoonose n'a cessé d'augmenter chaque année, tel qu'en 2014 le nombre de cas confirmés était de 236 851 à une augmentation de 22 067 cas (10%), par rapport à 2013. La majorité des états membres de l'UE ont signalé une augmentation du nombre de cas de campylobactériose en 2014 [65].

Ainsi le bilan de la surveillance des infections à *Campylobacter* chez l'homme en France en 2014 montre qu'en 2014 le CNR a reçu au total 6038 souches. Parmi ces souches on trouve 81,6% de

C. jejuni et 14,4% de *C. coli* et seulement 1,7% de *C.fetus* et ceci représente une augmentation de 17% par rapport à 2013. Il s'agit d'ailleurs de la première zoonose déclarée dans l'UE en 2012 et la première cause bactérienne de gastroentérites, chez l'homme, dans le monde (OMS). Tableau (1) représente nombre d'hospitalisations et de décès rapporté du à campylobacter dans l'UE, en 2012 [65].

Tableau 1 : nombre d'hospitalisations et de décès rapporté du à campylobacter dans l'UE, en 2012 [65].

Disease	Number of confirmed ¹ human cases	Hospitalisation				Deaths			
		Confirmed cases covered ^{1,2} (%)	Number of reporting MSs ³	Reported hospitalised cases	Hospitalisation rate (%)	Confirmed cases covered ^{1,2} (%)	Number of reporting MSs ³	Reported deaths	Case-fatality rate (%)
Campylobacteriosis	214,268	9.7	12	9,946	47.7	52.0	14	31	0.03
Salmonellosis	91,034	10.1	10	4,134	45.1	48.9	14	61	0.14
VTEC infections	5,671	37.5	13	777	36.5	58.7	18	12	0.36
Listeriosis	1,642	41.5	14	624	91.6	67.7	18	198	17.8
Q fever	643	NA	NA	NA	NA	56.1	12	1	0.28
Brucellosis	328	51.2	6	131	78.0	32.9	7	1	0.93
Trichinellosis	301	73.1	5	177	80.5	72.4	7	0	0
West Nile fever	232	13.8	3	28	84.4	85.3	6	22	11.1
Rabies	2	100	2	2	100	100	2	2	100

Note: NA: not applicable as the information is not collected for this disease.

1. Except for West Nile fever, for which the total number of cases was included.

2. The proportion (%) of confirmed cases for which the information on hospitalisation or death was available.

3. Not all countries observed cases of all diseases.

L'augmentation des cas de campylobactériose est dû à la surconsommation des denrées alimentaires suspects responsables de cette pathologie principalement on trouve la viande de volaille cuite (poulet, canard) contaminée avec carcasses ou viande non cuites ou insuffisamment cuites (contamination croisée) ainsi que par la consommation de lait crue non pasteurisé, de l'eau non traitée et d'autres aliments contaminés qui peuvent être aussi l'origine de campylobactériose. Figure 1 représente la distribution des produits alimentaires à risque par une contamination aux Campylobacters.

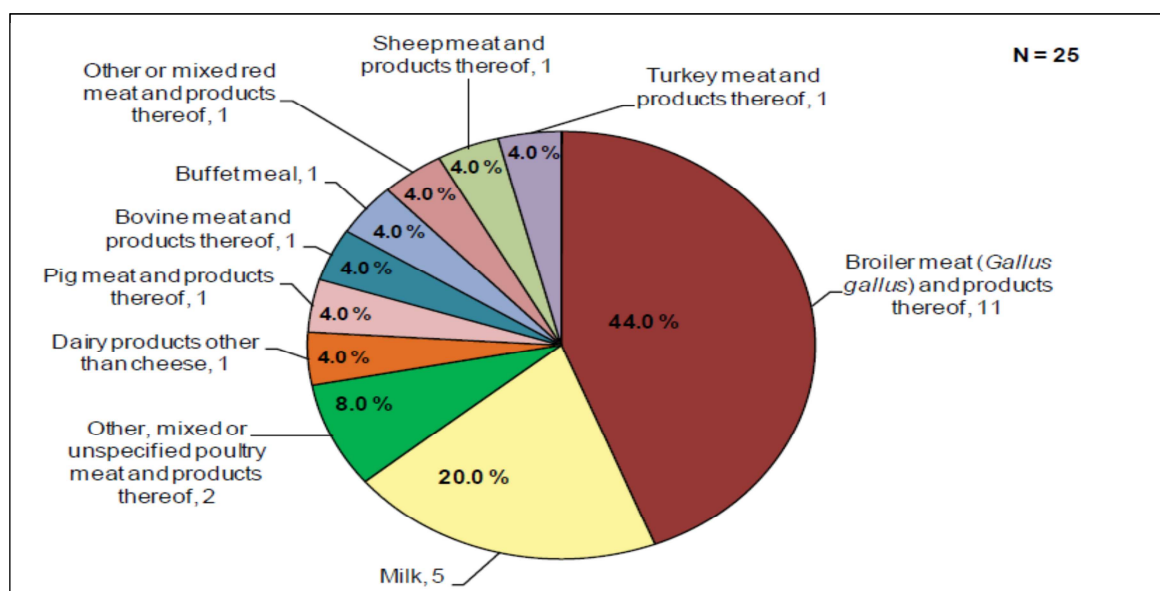


Figure 1 : la distribution des produits à risque pour une contamination à Campylobacter, En 2012 dans l'UE [65]

7 PRÉVENTION ET LUTTE CONTRE LES CAMPYLOBACTÉRIOSES

Le *Campylobacter* est une bactérie ubiquiste responsable de la majorité des toxi-infections d'origine alimentaires chez l'Homme et surtout les produits alimentaires à base de viande de volaille, pour prévenir ces infections, il faut veiller à appliquer les bonnes pratiques d'hygiène lorsqu'on prépare les aliments afin de contrôler la contamination, la cuisson des aliments [66]. Ainsi que le développement de stratégie de lutte contre *Campylobacter* sur l'ensemble du circuit de production alimentaire de l'élevage jusqu'au produit fini. Afin de diminuer l'incidence de Campylobacterioses chez Homme, la prévention peut s'inscrire dans le cadre de la réduction de la colonisation des volailles par ces bactéries est obligatoire. De ce fait trois stratégies sont recommandées au niveau de l'élevage :

- Une réduction de la contamination environnementale par l'application des règles d'hygiène générale et de biosécurité au niveau des fermes.
- L'emploi alternatif des antibiotiques comme les bactériophages et les bactériocines pour éviter le risque d'émergence et ainsi l'utilisation de probiotiques qui permettent de renforcer la défense naturelle des animaux contre les *Campylobacter*.
- Utilisation des vaccins efficaces chez la volaille contre les *Campylobacter* spp, les rendant ainsi plus résistantes vis-à-vis de ces pathogènes. [67].

8 CONCLUSION

Les *campylobacter* thermotolérants constituent aujourd'hui un problème majeur en sécurité microbiologique des aliments et la santé publique. Afin de diminuer l'impact que représentent ces bactéries la compréhension des sources et les voies de transmission impliqués dans les toxi-infections alimentaires est importante pour mettre en place un système de surveillance et l'application des bonnes pratiques d'hygiène depuis le lieu de production jusqu'au lieu de consommation pour assurer la sécurité, salubrité des aliments et garantie la santé publique.

REFERENCES

- [1] Autorité européen de sécurité des aliments, 2014.
- [2] Smith, T. The Etiological Relation of Spirilla (*Vibrio fetus*) to Bovine Abortion. J ExpMed 1919, 30:313-323.
- [3] SEBALD, M. and M. V'ERON. [BASE DNA CONTENT AND CLASSIFICATION OF VIBRIOS]. Ann. Inst. Pasteur (Paris), 1963, 105:897-910.
- [4] Bianchi, M. A. G. Composition en bases de l'ADN et position taxonomique de bactéries marines fermentant le glucose, du genre *Vibrio*; et des genres voisins. Archives of Microbiology, 1973, 90:131-140.
- [5] Moore, J. E., D. Corcoran, J. S. Dooley, S. Fanning, B. Lucey, M. Matsuda, D. A. McDowell, F. Megraud, B. C. Millar, R. O'Mahony, L. O'Riordan, M. O'Rourke, J. R. Rao, P. J. Rooney, A. Sails, and P. Whyte. *Campylobacter*. Vet Res, 2005, 36:351-382.
- [6] Dekeyser, P., M. Gossuin-Detrain, J. P. Butzler, and J. Sternon. Acute enteritis due to related *Vibrio*: first positive stool cultures. J Infect Dis, 1972, 125:390-392.
- [7] Altekruuse, S. F., N. J. Stern, P. I. Fields, and D.L. Swerdlow. *Campylobacter jejuni*--an emerging foodborne pathogen. Emerg Infect Dis, 1999, 5:28-35.
- [8] Crushell, E, S. Harty, F. Sharif, and B. Bourke. Enteric *Campylobacter*: purging its secrets. Pediatr Res, 2004, 55:3-12.
- [9] Foster, G., B. Holmes, A. G. Steigerwalt, P. A. Lawson, P. Thorne, D. E. Byrer, H. M. Ross, J. Xerry, P. M. Thompson, and M. D. Collins. *Campylobacter insulaenigra* sp. nov., isolated from marine mammals. Int J SystEvolMicrobio, 2004, 154:2369-2373.
- [10] Skirrow, M. B. *Campylobacter enteritis*: a "new" disease. Br Med J, 1977, 2:9-11.
- [11] Euzéby, J.P., Dictionnaire de Bactériologie Vétérinaire. Publié sur internet. www.bacterio.cict.fr/bacdico, 2010.
- [12] Garrity G.M. et al. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Volume 2. New York, Springer; 2005, pp. 1145–1160.
- [13] Man, S. M. The clinical importance of emerging *Campylobacter* species. Nat Rev Gastroenterol Hepatol, 2011, 8:669-685.
- [14] Gillespie, I. A., O'Brien, S. J., Penman, C., Tompkins, D., Cowden, J. & Humphrey, T. J. Demographic determinants for *Campylobacter* infection in England and Wales: implications for future epidemiological studies. Epidemiol Infect, 2008, 136, 1717-25.
- [15] Duong, T., and M. E. Konkel. Comparative studies of *Campylobacter jejuni* genomic diversity reveal the importance of core and dispensable genes in the biology of this enigmatic food-borne pathogen. Curr Opin Biotechnol, 2009, 20:158-165.
- [16] ANSES. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments. *Campylobacter jejuni/coli*, 2011, 3 pages.

- [17] Vandamme, P., B. Pot, M. Gillis, P. de Vos, K. Kersters, and J. Swings, 1996, Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. *Microbiol Rev* 60:407-438
- [18] Joshua, G. W., Guthrie-Irons, C., Karlyshev, A. V. & Wren, B. W. Biofilm formation in *Campylobacter jejuni*. *Microbiology*, 2006, 152, 387-96.
- [19] Konkel, M. E., Kim, B. J., Rivera-Amill, V. & Garvis, S. G. Bacterial secreted proteins are required for the internalization of *Campylobacter jejuni* into cultured mammalian cells. *Mol Microbiol*, 1999, 32, 691-701
- [20] Jeon, B., Muraoka, W. T. & Zhang, Q. Advances in *Campylobacter* biology and implications for biotechnological applications. *Microb Biotechnol*, 2010, 3, 242-58.
- [21] Line, J., Hiett, K., Guard, J. & Seal, B. Temperature affects sole carbon utilization patterns of *Campylobacter coli* 49941. *Curr Microbiol*, 2011, 62, 821-5.
- [22] On, S. L. Taxonomy of *Campylobacter*, *Arcobacter*, *Helicobacter* and related bacteria: current status, future prospects and immediate concerns. Symposium series (Society for Applied Microbiology), 2001, 15-15S.
- [23] Hazeleger W.C., et al., Physiological activity of *Campylobacter jejuni* below the minimal growth temperature. *Appl. Environ. Microbiol*, 1998, Vol 64, n°10, pp 3917-3922.
- [24] Humphrey T.J. & Musca I. Incubation temperature and the isolation of *Campylobacter jejuni* from food, milk or water. *Letters in Applied Microbiology*, 1989, Vol 9, pp 137-139.
- [25] Sampers, I., Habib, I., De Zutter, L., Dumoulin, A. & Uyttendaele, M. Survival of *Campylobacter* spp. in poultry meat preparations subjected to freezing, refrigeration, minor salt concentration, and heat treatment. *Int J Food Microbiol*, 2010, 137, 147-53.
- [26] Moen, B., Oust, A., Langsrud, O., Dorrell, N., Marsden, G. L., Hinds, J., Kohler, A., Wren, B. W. & Rudi, K. Explorative multifactor approach for investigating global survival mechanisms of *Campylobacter jejuni* under environmental conditions. *Appl Environ Microbiol*, 2005, 71, 2086-94.
- [27] Kusumaningrum, H. D., van Asselt, E. D., Beumer, R. R. & Zwietering, M. H. A quantitative analysis of cross-contamination of *Salmonella* and *Campylobacter* spp. via domestic kitchen surfaces. *JFo*, 2004.
- [28] Chaveerach, P., terHuurne, A. A., Lipman, L. J. & van Knapen, F. Survival and resuscitation of ten strains of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* under acid conditions. *Appl Environ Microbiol*, 2003, 69, 711-4.
- [29] Kelana, L. C. & Griffiths, M. W. Use of an autoluminescent *Campylobacter jejuni* to monitor cell survival as a function of temperature, pH, and sodium chloride. *J Food Prot*, 66, 2032-7. *Food Prot*, 2003, 67, 1892-903.
- [30] AFSSA. Rapport technique : Appréciation des risques alimentaires liés aux *Campylobacter*. Application au couple poulet/*Campylobacter jejuni*. 2004, 13 pages
- [31] Le Minor L. & Véron M., *Bactériologie médicale*. Flammarion Médecine Sciences. Paris. ISBN:1982, 2-257-10418-8, pp: 276-277.
- [32] Poly, F. Etude de la diversité génétique de l'espèce *Campylobacter jejuni* par l'utilisation de puces à ADN. Thèse du Doctorat 3ème cycle. Université Louis Pasteur. Paris. France, 2005, 186 pages.
- [33] Blattner, F. R., Plunkett, G., 3rd, Bloch, C. A., Perna, N. T., Burland, V., Riley, M., Collado-Vides, J., Glasner, J. D., Rode, C. K., Mayhew, G. F., Gregor, J., Davis, N. W., Kirkpatrick, H. A., Goeden, M. A., Rose, D. J., Mau, B. & Shao, Y. The complete genome sequence of *Escherichia coli* K-12. *Science*, 1997, 277, 1453-62.
- [34] Hendrixson, D. R. A phase-variable mechanism controlling the *Campylobacter jejuni* FlgR response regulator influences commensalism. *Mol Microbiol*, 2006, 61, 1646-59.
- [35] Bayliss, C. D., Bidmos, F. A., Anjum, A., Manchev, V. T., Richards, R. L., Grossier, J. P., Wooldridge, K. G., Ketley, J. M., Barrow, P. A., Jones, M. A. & Tret'yakov, M. V. Phase variable genes of *Campylobacter jejuni* exhibit high mutation rates and specific mutational patterns but mutability is not the major determinant of population structure during host colonization. *Nucleic Acids Res*, 2012, 40, 5876-89.
- [36] Kim, J. S., Artymovich, K. A., Hall, D. F., Smith, E. J., Fulton, R., Bell, J., Dybas, L., Mansfield, L. S., Tempelman, R., Wilson, D. L. & Linz, J. E. Passage of *Campylobacter jejuni* through the chicken reservoir or mice promotes phase variation in contingency genes Cj0045 and Cj0170 that strongly associates with colonization and disease in a mouse model. *Microbiology*, 2012, 158, 1304-16.
- [37] Jeon, B., Muraoka, W., Scupham, A. & Zhang, Q. Roles of lipooligosaccharide and capsular polysaccharide in antimicrobial resistance and natural transformation of *Campylobacter jejuni*. *J Antimicrob Chemother*, 2009, 63, 462-8.
- [38] Fouts, D. E., E. F. Mongodin, R. E. Mandrell, W. G. Miller, D. A. Rasko, J. Ravel, L. M. Brinkac, R. T. DeBoy, C. T. Parker, S. C. Daugherty, R. J. Dodson, A. S. Durkin, R. Madupu, S. A. Sullivan, J. U. Shetty, M. A. Ayodeji, A. Shvartsbeyn, M. C. Schatz, J. H. Badger, C. M. Fraser, and K. E. Nelson. Major structural differences and novel potential virulence mechanisms from the genomes of multiple *Campylobacter* species. *PLoS Bio*, 2005, 3:e15.
- [39] Harvey, R. B., Young, C. R., Ziprin, R. L., Hume, M. E., Genovese, K. J., Anderson, R. C., 1999.
- [40] Young, C. R., Harvey, R. B., Anderson, R. C., Nisbet, D., Stanker, L. H., Enteric colonization following natural exposure to *Campylobacter* in pigs. *Research in Veterinary Science* 2000, 68, 75-78.

- [41] Burch, D. G. S, Risk assessment - Campylobacter infection transmission from pigs to man using Erythromycin resistance as a marker. *Pig Journal* ,2002,50, 53-58.
- [42] Miller, R. S., Miller, W. G., Behringer, M., Hariharan, H., Matthew, V., Oyarzabal, O. A., DNA identification and characterization of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolated from caecal samples of chickens in Grenada. *Journal of Applied Microbiology*, 2009, 108, 1041-1049.
- [43] Mahmud H.J. & Shadab H.A., *Campylobacter* Infections. Infectious Diseases Society of America. Publié sur internet: <http://emedicine.medscape.com>, 2009.
- [44] Guillemot, D. et al., Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance Bactérienne et conséquences pour la santé humaine. AFSSA, 2006 ,214 pages.
- [45] Griffiths P.L. & Park R.W.A., Campylobacters associated with human diarrheal disease. A review: *Journal of Applied Bacteriology*, 1990, 69, 281-301.
- [46] Winquist et al., 2001 ; Adak et al., 1995 ; Eberhart- Phillips et al., 1997 ; Rodrigues et al., 2001 ; Hopkins et al., 1984 ; Vellinga et Van Loock, 2002 ; Studahl et Andersson, 2000.
- [47] Blaser, M. J. Epidemiologic and clinical features of *Campylobacter jejuni* infections. *J Infect Dis* 176 Suppl 2:S 1997103-105.
- [48] Blaser M.J. & Reller L.B. Campylobacter enteritis. *N. Engl. J. Med*, 1981, 305: 1444-1452.
- [49] Boussougant Y, Aspects cliniques et bactériologiques des infections à *Campylobacter jejuni* et *Campylobacter coli*. *Microbiologie-Aliments-Nutrition* n°7, 1989,389-393.
- [50] Blaser M. J. et al., *Campylobacter* enteritis associated with canine infection. *The Lancet*, Novembre 4, 1978: 979-981.
- [51] Kirkpatrick, B. D. & Tribble, D. R. Update on human *Campylobacter jejuni* infections. *Curr Opin Gastroenterol*, 2011,27, 1-7.
- [52] Guillain G, Barré G, Strohl A. Sur un syndrome de radiculonévrite avec hyper albuminose du liquide céphalo-rachidien sans réaction cellulaire. Remarques sur les caractères cliniques et graphiques des réflexes tendineux. *Bull Soc Med Hop Paris*, 1916; 40:1462.
- [53] Vriesendorp FJ, Mishu B, Blaser M, Koski CL. Serum antibodies to GM1, peripheral nerve myelin, and *Campylobacter jejuni* in patients with Guillain-Barré syndrome and controls : correlation and prognosis. *Ann Neurol*, 1993; 34:130-135.
- [54] Koga, M., Gilbert, M., Takahashi, M., Li, J., Koike, S., Hirata, K. & Yuki, N. Comprehensive analysis of bacterial risk factors for the development of Guillain Barre syndrome after *Campylobacter jejuni* enteritis. *J Infect Dis*, 2006,193, 547-55.
- [55] Allos, B. M. *Campylobacter jejuni* infection as a cause of the Guillain -Barre syndrome. *Infect Dis Clin North Am*, 1998, 12, 173-84
- [56] Poropatich, K. O., Walker, C. L. & Black, R. E. Quantifying the association between *Campylobacter* infection and Guillain -Barre syndrome: a systematic review. *J Health Popul Nutr*, 2010, 28, 545-52.
- [57] Willison H.J., O'Hanlon G.M. The immunopathogenesis of Miller Fisher syndrome *J Neuroimmunol*, 1999; 100 : 3-12.
- [58] Ang C. W. Guillain-Barré Syndrome- and Miller Fisher Syndrome-Associated *Campylobacter jejuni* Lipopolysaccharides Induce Anti-GM1 and Anti-GQ1b Antibodies in Rabbits. *Infect Immun*. 2001 April; 69(4): 2462-2469
- [59] Rahier O. et al., Arthralgie et salle d'urgence : Quand le symptôme cache un syndrome. *Louvain Médical*, 2008, 127 (8): 339-343.
- [60] Ternhag, A., T. Asikainen, et al. A meta-analysis on the effects of antibiotic treatment on duration of symptoms caused by infection with *Campylobacter* species. *Clin Infect Dis*, 2007,44(5): 696-700
- [61] Sanders P., Granier S. A., Blanc-Gonnet A., Santolini J. Les Plans de Surveillance de l'Antibiorésistance en santé animale : le contexte européen et les évolutions récentes. *Bulletin épidémiologique santé animale et alimentation*, 2012, pp. 25-29.
- [62] Avrain, L. and I. Kempf. Mécanismes de résistance bactérienne aux antibiotiques. L'exemple de *Campylobacter*. *Point Vet*, 2000, 31(210): 509-513.
- [63] Aarestrup, F. M. and J. Engberg. Antimicrobial resistance of thermophilic *Campylobacter*. *Vet Res*, 2001, 32 (3-4): 311-21
- [64] Gibreel, A. and D. E. Taylor .Macrolide resistance in *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *J Antimicrob Chemother*, 2006,58(2): 243-55.
- [65] EFSA, EFSA Journal. 13 (2015)3991.
- [66] Aubry P. Les salmonelloses, actualité 2013. *Médecine tropicale*. Diplôme de médecine tropicale des pays de l'océan indien, 2013.
- [67] Manuel terrestre de l'OIE 2005, Chapitre 2.

Sistema para la selección del método pedagógico en sistemas tutores inteligentes

[System for selection of pedagogical method in intelligent tutorial systems]

Ivelisse Teresa Machín Torres

Ingeniera, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento Ingeniería, Universidad José Martí Pérez,
Isidro González # 26 entre Ave Libertad y Agramonte, Sancti -Spíritus, Cuba

Copyright © 2017 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 pedagogical method selection is relevant to guarantee adaptability and to personalize each method, while working with intelligent tutorial systems. The objective of this research is just to develop a hybrid system for the pedagogical method selection for an intelligent tutorial system that contributes to knowledge management and strengthens the multiple specific intelligences of each student, in the teaching-learning process.

The proposed hybrid system has two components, a genetic algorithm and a neuro fuzzy network, Mamdani Anfis style. The hybrid approach interprets the rules base of a fuzzy system in neural networks terms, where the net simulates a fuzzy inference system of Mamdani type.

The learning algorithm works modifying its structure and/or parameters, that is to say, because of neuronal inclusion or exclusion and weight adaptability. The neuro fuzzy network learns in a supervised way, through the Levenberg-Marquardt algorithm.

An experiment was applied in order to measure system effectiveness, considering decrease in wrong attempts doing an exercise as a success criterion.

The result allows us to confirm that the selection of the pedagogical method generated by the proposal is useful, so it can contribute in a positive way to the programming teaching.

This new system enables teaching under in a personalized learning style, taking into account the students characteristics.

KEYWORDS: genetic algorithm, learning style, neuro fuzzy network, tutor modeled, object-oriented programming.

RESUMEN: La selección del método pedagógico es fundamental para garantizar la adaptabilidad y personalización cuando se trabaja con Sistemas Tutores Inteligentes. El objetivo del presente trabajo es desarrollar un sistema híbrido para la selección del método pedagógico para un Sistema Tutor Inteligente que contribuya a la gestión del conocimiento y potencie las inteligencias múltiples específicas de cada estudiante, en el proceso enseñanza-aprendizaje.

El sistema híbrido propuesto consta de dos componentes, un algoritmo genético y una red neurodifusa estilo Mamdani Anfis. El enfoque híbrido interpreta la base de reglas de un sistema difuso en términos de una red neuronal, donde la red simula un sistema de inferencia difusa del tipo Mamdani. El algoritmo de aprendizaje trabaja modificando su estructura y/o parámetros, es decir por inclusión o exclusión de neuronas y por adaptación de pesos. La red neurodifusa aprende en modo supervisado, a través del algoritmo de Levenberg-Marquardt.

Se aplicó un experimento con el objetivo de medir la efectividad del sistema, tomando como criterio de éxito la disminución de la cantidad de intentos incorrectos necesarios para realizar un ejercicio. Los resultados permiten afirmar que la selección del método pedagógico generada por la propuesta tiene utilidad, pues puede contribuir de forma positiva a la enseñanza de la programación.

Este novedoso sistema permite enseñar bajo un estilo de aprendizaje personalizado, considerando la inclusión de características del estudiante.

PALABRAS-CLAVE: algoritmo genético, estilos de aprendizaje, modelado del tutor, red neurodifusa, programación orientada a objetos.

1 INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Programación Orientada a Objetos (POO) presenta limitaciones que se evidencian en los bajos resultados e índices de retención en los estudiantes. Se ha observado que los estudiantes presentan las siguientes dificultades [1, 2]:

- No saben describir los problemas que se plantean.
- Escriben código que no cumple con los estándares definidos.
- No expresan exactamente las soluciones que se necesitan.
- Hacen mal uso de términos o estructuras.
- No abstraen adecuadamente la esencia de un problema.
- No extrapolan ideas.

Por otra parte [3] realiza un estudio donde se evidencia que la enseñanza de la POO presenta deficiencias que se reflejan en los bajos índices de retención.

Diferentes trabajos proponen como alternativa a esta situación complementar los conocimientos teóricos con actividades prácticas [4] mediante una correcta selección del método pedagógico. En [5] se propone la mejora de la efectividad mediante actividades prácticas que cumplan con determinados estilos de aprendizaje. Al observar este análisis, puede apreciarse la necesidad de perfeccionar los medios que ayudan a mejorar la calidad de un proceso de enseñanza-aprendizaje. El mismo tiene características propias, resulta complejo y puede estar viciado por técnicas aprendidas en otros paradigmas que nada tienen que ver con el de la POO [6] de ahí la necesidad de adaptación sobre la base de la estrategia pedagógica.

Por otra parte, en [7] se propone la mejora del aprendizaje mediante el análisis de las características emocionales del estudiante. La referencia [8] expone los principales argumentos que explican por qué aún las habilidades académicas de los alumnos no se ven favorecidas cuando se utiliza un sistema tutor inteligente (STI).

Los STI surgen como una evolución de la enseñanza asistida por computadoras, al combinar conocimientos de la pedagogía y la psicología, con avances en la ciencia de la computación, en especial de la inteligencia artificial. Estos sistemas tienen como meta reproducir el hacer de un profesor humano competente, que adapta técnicas para el aprendizaje de un dominio de enseñanza en función del perfil del estudiante [9].

Un tutor inteligente “es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo” [3]. Se le nombra como inteligentes porque tienen la capacidad de adaptarse al estilo y ritmo de cada estudiante, siguiendo la metodología indicada por el instructor.

Como resultado del uso de STI se reportan ganancias significativas en el aprendizaje con respecto a otros tipos de sistemas que se usan para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje [10]. Autores como [11]-[12] destacan como causa principal de estos resultados positivos la correcta selección del método pedagógico que recibe el estudiante durante la interacción con el sistema. Incluso se apunta que existe una relación directa entre la selección del método pedagógico y el aumento del rendimiento que se evidencia en las evaluaciones [13].

Para realizar la tutoría se usan modelos que, aunque varían de un sistema a otro, responden a la representación de tipos de conocimiento similares: conocimiento sobre el dominio o materia objeto de estudio, para saber qué enseñar; conocimiento sobre la persona que aprende, para saber a las características de quien adaptar; conocimiento sobre el proceso de tutoría, para saber cómo enseñar y conocimiento sobre cómo debe ser la interacción entre sistema y usuario. Estos son conocidos como modelos del dominio, del estudiante, del profesor y de interacción respectivamente. El término modelo es usado en este contexto por los investigadores para conceptualizar y operacionalizar las funciones y variables que intervienen en la tutoría [14].

Estos modelos están interconectados para poder lograr la personalización respecto a los estudiantes; realizan tareas específicas y dan seguimiento a las acciones tomadas con cada estudiante a través del componente interfaz. El modelo de tutor, es el encargado de definir y de aplicar una estrategia orientadora, de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Es el responsable de seleccionar los problemas y el material de aprendizaje, de monitorear, y proveer asistencia al estudiante. También de integrar el conocimiento del dominio conceptual que se aborda. Es decir, un sistema de este tipo debe tratar, además, los aspectos esenciales de la planificación, así como aspectos que involucran la representación, la selección y la secuenciación del material a ser utilizado y la planificación se refiere a cómo ese material va a ser presentado.

Esto significa contar con varios métodos pedagógicos que se ajusten de acuerdo a las necesidades y las preferencias de cada alumno en particular. Se trata entonces de un modelo que pueda soportar el uso de las nuevas tecnologías existentes.

Dentro de este ámbito se encontraron trabajos como [11]-[12]-[13] que tienen como meta proponer un modelo de tutor inteligente capaz de adaptarse a las necesidades y preferencias de los alumnos, según sus estilos de aprendizaje. Existen propuestas de STI que utilizan técnicas de caja negra [15], comparación con soluciones ideales [16]-[4]-[17] y presentación de información estática [18]-[19] y dinámica [20] del programa, que han sido aplicadas con resultados exitosos. Sin embargo, al limitarse la efectividad en la selección del método pedagógico no se obtienen las ganancias observadas en otras áreas de aplicación.

Por otra parte, en las investigaciones consultadas se identificaron diferentes enfoques para la selección del método pedagógico en el modelo del tutor. El primero está compuesto por las técnicas tradicionalmente usadas para los modelos de tutores mejor definidos. En [21] se usan reglas escritas en lógica de predicados de primer orden. Sin embargo, estos métodos requieren de la completitud del modelo desarrollado. En la programación, incluso los más simples problemas, al ser diseñada su solución suelen tener varias vías posibles, producto de diferencias en las estrategias, algoritmos y decisiones de implementación tomadas [22]. Se necesita de un análisis exhaustivo del perfilado del estudiante, que algunos autores indican que representa un costo en tiempo generalmente alto.

Tomando en consideración estos elementos, este artículo tiene como objetivo presentar y valorar un sistema híbrido para la selección del método pedagógico en STI que contribuya a mejorar el rendimiento de los estudiantes.

2 MARCO TEÓRICO

La selección del método pedagógico es uno de los esenciales de los STI [5] por lo que es necesario un estudio para alcanzar sus potencialidades en cuanto a la elección de estilos. Sin encontrarse un criterio definitivo sobre los elementos que debe cumplir, se analizan las características identificadas como deseables.

En [23] se presenta la especificidad de la selección del método pedagógico como un factor determinante para el aprendizaje. En ese trabajo se discute sobre la relevancia de incluir información directamente relacionada con el contexto donde se encuentra el estudiante y en menor medida con aspectos generales del área de conocimiento que se trabaja.

En trabajos revisados [23]- [24] se constata una falta de criterio definitivo sobre el momento en que debe ser provista la selección del método pedagógico o si esta se produce a demanda de forma proactiva por el sistema. Sin embargo, existe un consenso acerca de la cantidad de soporte que un sistema es capaz de entregar, lo que puede resultar un factor decisivo al evidenciar que existe una relación directa entre el volumen de interacción que ocurre entre sistema estudiante y la ganancia en el aprendizaje que ocurre del proceso [13]. Por este motivo, es una característica deseable la posibilidad de retroalimentación en cualquier momento que se necesite en función de una estrategia pedagógica.

2.1 ASPECTOS GENERALES

En la figura 1 aparece una representación del esquema general del modelo del tutor, con sus componentes básicos, donde se puede observar el método pedagógico, el planificador de lección y la ruta de aprendizaje.

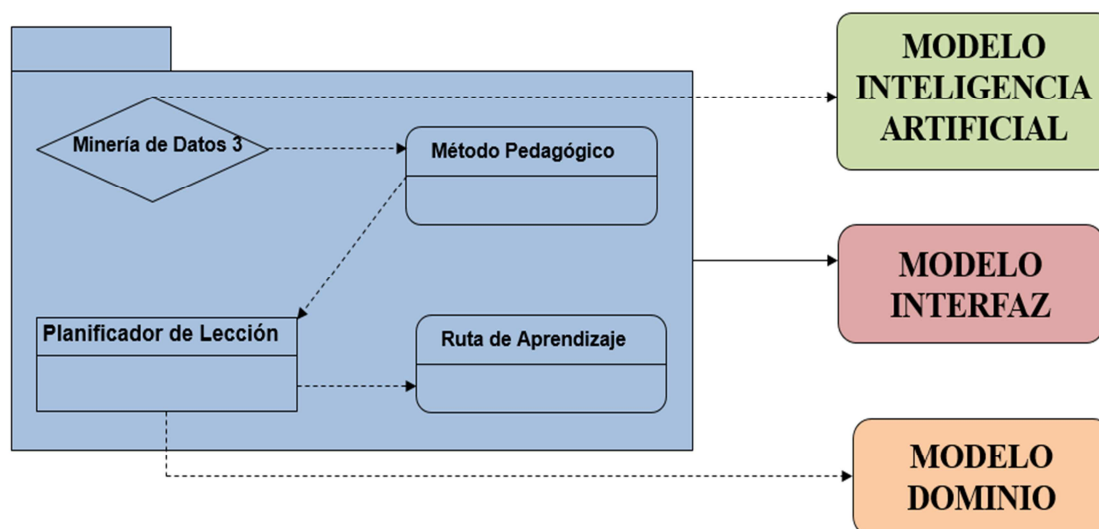


Fig. 1. Esquema general del modelo del tutor

Este modelo del tutor es el encargado de seleccionar el método pedagógico más adecuado, según los datos y preferencias del estudiante, para presentar los contenidos de la lección: consta de un sistema híbrido, encargado de evaluar las características del estudiante que se encuentran almacenadas en el modelo del estudiante y que se obtuvieron mediante un analizador de perfiles inteligentes que interactúa con el STI. Por otra parte, el planificador de la lección es el encargado de diagramar los contenidos que se van a presentar en una sesión pedagógica determinada.

La ruta de aprendizaje contiene los LOM y la secuenciación a aplicar para definir las unidades de contenido, que se debe materializar en una serie de tareas (actividades, talleres, recursos, prácticas, etc.) que vienen diseñados y condicionados por el Curso y que se ofrecen al estudiante a través de una Interfaz de Usuario, adaptada a las características del estudiante, gracias a los datos que facilita el analizador de perfiles inteligentes.

En la actualidad cobra relevancia el proceso de adquisición, construcción y apropiación de los conocimientos, lo cual debe tener en cuenta necesidades específicas de cada alumno. Se trata de maximizar los resultados a partir de una u otra técnica, según el modo particular o estilo de aprendizaje de cada cual. El analizador de perfiles inteligentes es un sistema basado en reglas, y tiene como objetivo la selección de los estilos pedagógicos más adecuados, tomando en cuenta las inteligencias múltiples en una instancia inicial. Esto se logra analizando las preferencias mostradas por el estudiante en una primera sesión pedagógica, a partir de lo cual estas tareas pasan a realizarse de conjunto con el modelo del tutor.

Para obtener datos acerca del modo en que cada estudiante aprende, se decidió la utilización de las planillas de estilos de aprendizaje [25] que son instrumentos para la toma de datos. En el modelo se definen diferentes dimensiones relativas a cómo la gente procesa la información, de modo que cada dimensión tiene dos posibles valores:

- Procesamiento: activo/reflexivo
- Percepción: sensorial/intuitiva
- Entrada: visual/verbal
- Comprensión: secuencial/global

Se obtiene el estilo de aprendizaje directamente al recopilar la información del cuestionario sobre el Índice de Estilos de Aprendizaje que pasa el alumno. El objetivo de este cuestionario es establecer el estilo de aprendizaje dominante de cada alumno. El cuestionario está formado por 44 preguntas, de modo que hay 11 cuestiones para cada una de las 4 dimensiones (distribuidas desordenadamente en el formulario). Por tanto, se desea agrupar a los estudiantes en familias con características comunes, para elegir métodos pedagógicos específicos. Con este fin fue elaborado el sistema híbrido que se describe a continuación.

2.2 PROPUESTA DE UN SISTEMA HÍBRIDO

El sistema híbrido que se propone consta de dos componentes, un algoritmo genético y una red neurodifusa estilo Mamdani Anfis [26]. En el caso del algoritmo genético se usan para su definición los siguientes parámetros:

Bits de cada regla:

- 1º comprensión (0-secuencial, 1-global)
- 2º entrada (0-visual, 1-verbal)
- 3º procesamiento (0-activo, 1-reflexivo)
- 4º percepción (0-sensorial, 1-intuitivo)
- 5º método pedagógico (instruccional, orientador, socrático, constructivista, cooperativo, contextual)

La selección de los individuos para el cruzamiento se realiza por torneo, es decir, se comparan de dos en dos y se selecciona el más apto. Se aplica Elitismo, donde los dos mejores individuos se copian para la siguiente generación. El factor de mutación ha sido definido al 1%.

Cada individuo constituye una red neurodifusa del tipo Mamdani Anfis. La figura 2 muestra la topología definida para la red.

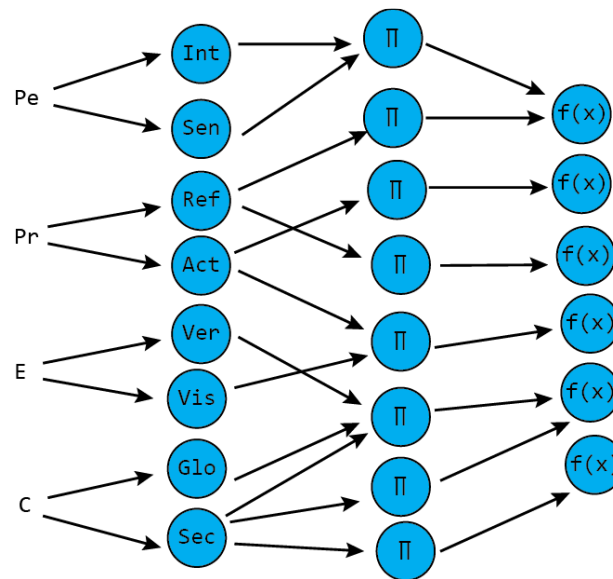


Fig. 2. Topología de la red neurodifusa estilo Mamdani Anfis modificado.

Esta red es una modificación de la red M-ANFIS. La primera capa es de fuzificación, la segunda es de inferencia y en la tercera se realiza la implicación, la agregación y la defuzificación. La diferencia con la red M-ANFIS es que la tercera, cuarta y quinta capas se unen en una sola. Se debe a que, teniendo en cuenta el funcionamiento de un sistema de inferencia Mamdani, la señal entre estas capas no son solamente números, en estas capas se trabaja con áreas obtenidas a partir de las funciones de pertenencia. De esta forma se logra un funcionamiento que se corresponde más un sistema de inferencia Mamdani junto a la adaptabilidad de una red neuronal. La red neurodifusa implementa un sistema de inferencia difusa Mamdani con las características que se muestran en la tabla 1 para las variables de entrada y en la tabla 2 para las variables de salida:

Tabla 1. Definición de las variables de entrada.

Variables	Comprensión		Entrada		Procesamiento		Percepción	
Conjuntos Difusos	Secuencial	Global	Visual	Verbal	Activo	Reflexivo	Sensorial	Intuitivo

La función de pertenencia para las entradas es la función campana generalizada que se muestra en la ecuación 1.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{(x - c_i)}{d_i} \right)^2 \right]^{b_i}}$$

Donde $\{b_i, c_i, d_i\}$ son los parámetros de entrada que son aprendidos por la red en el entrenamiento.

Tabla 2. Definición de las variables de salida

Variables	Conjuntos Difusos
Instruccional	Poco instruccional
	Muy instruccional
Orientador	Poco orientador
	Muy orientador
Socrático	Poco socrático
	Muy socrático
Constructivista	Poco constructivista
	Muy constructivista
Cooperativo	Poco cooperativo
	Muy cooperativo
Contextual	Poco contextual
	Muy contextual

La función de pertenencia para las salidas es la función trapezoidal que se muestra en la ecuación 2.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & (x \leq a) \text{ o } (x \geq d) \\ (x - a)/(b - a), & x \in (a, b] \\ 1, & x \in (b, c) \\ (d - x)/(d - c), & x \in (b, d) \end{cases}$$

Donde {a, b, c, d} son los parámetros de salida que son aprendidos en la red en el entrenamiento.

La idea de este enfoque híbrido es interpretar la base de reglas de un sistema difuso en términos de una red neuronal. Donde la red simula un sistema de inferencia difusa del tipo Mamdani. El algoritmo de aprendizaje trabaja modificando su estructura y/o parámetros, es decir por inclusión o exclusión de neuronas y por adaptación de pesos. La red neurodifusa aprende en modo supervisado, a través del algoritmo de Levenberg–Marquardt, un método amortiguado, que constituye una modificación a partir del método Gauss Newton, pero a la vez resulta muy rápido. En la tabla 3 se presentan ejemplos de criterios de selección para la elaboración de las reglas.

Tabla 3. Ejemplos de criterios de selección para la elaboración de las reglas.

Comprensión		Entrada		Procesamiento		Percepción		Método pedagógico
Secuencial	Global	Visual	Verbal	Activo	Reflexivo	Sensorial	Intuitivo	
X			X		X		X	Instruccional
X			X	X		X		Orientador
X			X	X			X	Socrático
	X		X	X		X		Constructivista
X		X	X	X		X		Cooperativo
	X	X		X		X		Contextual

3 MATERIAL Y MÉTODO

Para la evaluación de la propuesta se llevó a cabo un diseño experimental con el objetivo de medir la efectividad en la selección del método pedagógico. Se realizó un estudio sobre técnicas de análisis estático y dinámico de programas y formas de representación de las características de las soluciones. Se implementó el modelo de tutor con el sistema híbrido propuesto para la selección del método pedagógico.

Con el objetivo de evaluar la calidad en la selección del método pedagógico que se genera con el modelo de tutor que se produce se realizaron dos experimentos, sobre 115 y 47 estudiantes respectivamente, de la especialidad Técnico Medio en Informática, en el Instituto Politécnico Armando de la Rosa, perteneciente a la provincia de Sancti-Spiritus, Cuba.

Los grupos fueron seleccionados random, o sea se habló con el coordinador y él propuso los grupos.

El objetivo de los estudios es constatar cómo se afecta la variable intentos incorrectos obtenida al resolver un problema, cuando se recibe la instrucción mediante un modelo de tutor construido con el sistema propuesto. Posteriormente esta variable es traducida en términos de evaluación por el STI.

En ambos casos se dividieron los estudiantes en dos grupos conformados de forma aleatoria. Durante 10 días los estudiantes de ambos grupos enfrentaron un ejercicio por día, iguales para cada grupo. Para el grupo experimental (Ge) al registrarse y comenzar a trabajar en los cursos se contó con el soporte descrito en esta investigación. Para el grupo de control (Gc) la selección del método pedagógico fue dada a partir de información del análisis estático.

La utilidad en la selección del método pedagógico se midió como su efectividad para disminuir la cantidad de intentos incorrectos necesarios para realizar un ejercicio. Sobre los datos obtenidos de estas mediciones se realizaron pruebas estadísticas para determinar si existían diferencias significativas entre los intentos necesarios para los grupos. Para ambos casos, la distribución de los datos no se correspondía a la normal, según el resultado de la prueba Kolmogorov-Smirnov, por lo que se decidió la utilización de una prueba no paramétrica.

Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, con el fin de probar la hipótesis de igualdad de las medias del número de intentos incorrectos para solucionar los problemas. La variable dependiente, cuyo comportamiento se evaluó en ambos grupos (experimental y control) fue la variable intentos incorrectos, la cual representa las veces que se solucionó un problema después de N intentos incorrectos.

4 RESULTADOS

En el primer experimento (figura 3) la conformación de los grupos fue 61/54 (Ge/Gc), con estudiantes que concluían el primer semestre, en la asignatura "Programación". De los 115 estudiantes que iniciaron en el experimento solo 61 completaron los 10 ejercicios propuestos. En total se enviaron 3256 soluciones, 1233 correctas y 2023 incorrectas, lo que en términos de evaluación significa un 37 % de efectividad. De los 1233 problemas solucionados, 360 lo hicieron al primer intento y 873 con al menos un intento. Se analizó el comportamiento de la variable intentos incorrectos, la cual representa las veces que se solucionó un problema después de N intentos incorrectos.

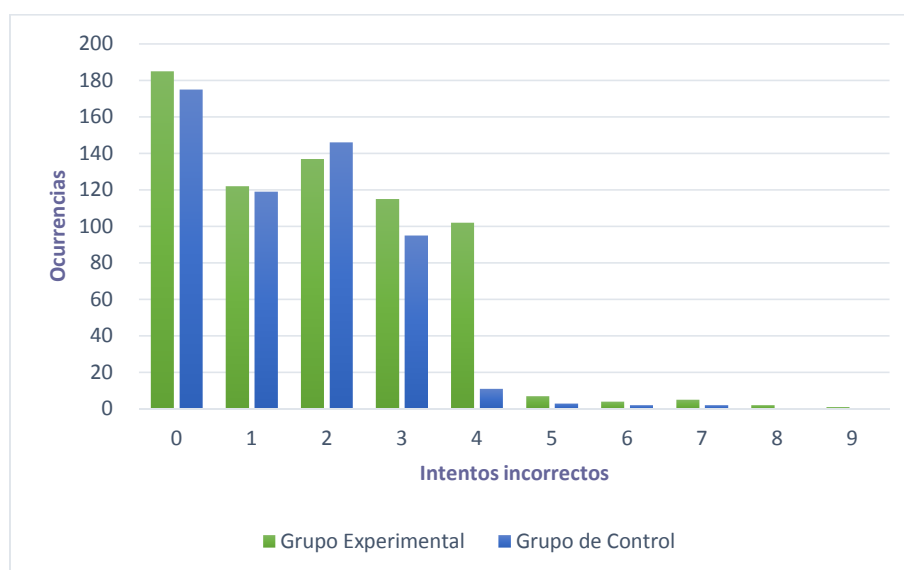


Fig. 3. Resultados del primer experimento.

En el segundo experimento (figura 4) la conformación de los grupos fue 25/29, con estudiantes del segundo semestre en la asignatura "Análisis y Diseño de Algoritmos". De los 54 estudiantes 41 completaron con éxito los 10 ejercicios propuestos. En total se enviaron 2059 soluciones, 994 correctas y 1065 incorrectas, para un 48.27% de efectividad. De los 994 problemas solucionados, 230 fueron al primer intento y 764 después de al menos un intento incorrecto. También se analizó el comportamiento de la variable intentos incorrectos, la cual representa las veces que se solucionó un problema después de N intentos incorrectos.

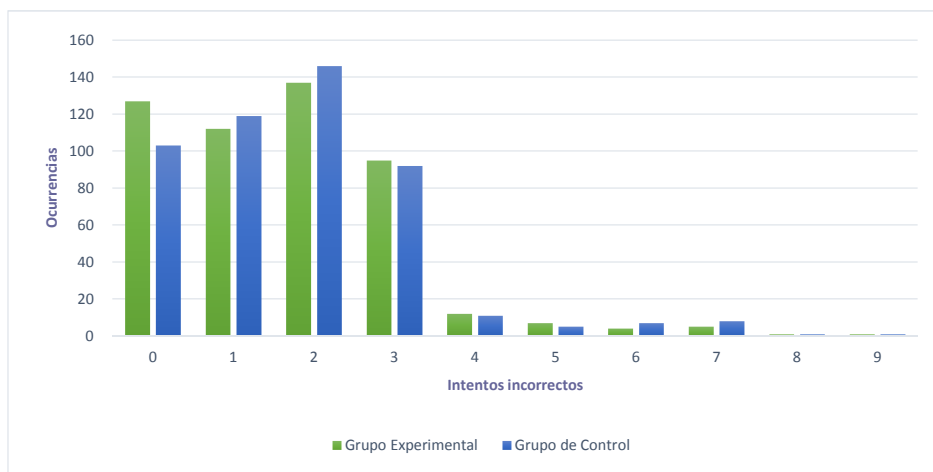


Fig. 4. Resultados del segundo experimento.

Al aplicar la prueba U de Mann-Whitney, se rechazó la hipótesis de igualdad de las medias. Lo anterior permite afirmar que los estudiantes que fueron expuestos al sistema descrito en este trabajo necesitaron, como promedio, un menor número de intentos incorrectos para solucionar los problemas. Los resultados arrojados del estudio permiten afirmar que la selección del método pedagógico generada por la propuesta tiene utilidad.

5 DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados obtenidos, se puede afirmar que la propuesta de la presente investigación reduce los tiempos de autoría de las actividades en comparación con otras que tienen un nivel de efectividad similar. Con respecto a otros métodos, con nivel de efectividad bajo, el sistema tiene tiempos de autoría superiores. La propuesta representa una reducción del tiempo de autoría de las actividades en relación con los métodos que necesitan de la especificación de variantes correctas e incorrectas. En relación con las propuestas alternativas, se puede afirmar que, a pesar que se renuncia a una de las características que contribuyen a la efectividad de la retroalimentación, se logra incorporar la capacidad para utilizar características específicas del problema en el análisis.

A pesar de que se necesitan realizar pruebas con estudiantes para medir las ganancias en el aprendizaje que se obtienen de la aplicación, los resultados alcanzados sugieren que la propuesta puede contribuir de forma positiva a la enseñanza de la programación.

6 CONCLUSIONES

A partir de la propuesta se obtuvo un sistema híbrido para la selección del método pedagógico que potencia el desempeño del modelo de tutor perteneciente al esquema de un Sistema tutor inteligente. Este sistema brinda flexibilidad y adaptabilidad ya que los estudiantes se agrupan de acuerdo a sus preferencias y les ofrece un estilo de enseñanza que se ajusta a sus preferencias o estilo de aprendizaje. El sistema está soportado en la combinación de un grupo de técnicas de la inteligencia artificial para la selección del método pedagógico, que permite enseñar bajo un estilo de aprendizaje personalizado, lo cual representa una novedad con respecto a las propuestas encontradas en la bibliografía, donde la inclusión de características del estudiante representa un deterioro de otras funcionalidades del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los especialistas que han ayudado a la realización y puesta en práctica de la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] Ríos L, «Ambiente de enseñanza -aprendizaje inteligente para la programación lógica», *Comput. Educ.*, pp. 21-25, 2010.
- [2] Lezcano, M., «Ambientes de aprendizaje por descubrimiento para la disciplina Inteligencia Artificial», Tesis Doctoral, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Santa Clara, 1998.
- [3] Cataldi, Z. and Lage, F., «El problema del modelado del estudiante», *TE&ET*, 2007.
- [4] JURADO, F, «Proposal for Evaluating Computer Programming Algorithms to Provide Instructional Guidance and Give Advice», Tesis Doctoral, 2012.
- [5] LAZAR, T. and BRATKO, I, «Data-Driven Program Synthesis for Hint Generation in Programming Tutors», presentado en Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, 2014, pp. 306-311.
- [6] MULDER, K. and CONATI, C. A, «Decision-Theoretic Tutor for Analogical Problem Solving», en *Decision Theory Models for Applications in Artificial Intelligence: Concepts and Solutions*, L. E. Sucar, E. F. Morales y J. Hoey., IGI Global, 2012, pp. 219-247.
- [7] Salmeron, S.; Arevadillo, M., et al., «Filtering of spontaneous and low intensity emotions in educational contexts», *Artificial Intell. Educ.*, 2015.
- [8] Azevedo, R, «Defining and measuring engagement and learning in science: Conceptual, theoretical, methodological, and analytical issues», *Educ. Psychol.*, pp. 84-94, 2015.
- [9] CONATI, C, «Intelligent Tutoring Systems: New Challenges and directions», presentado en 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence, San Francisco, 2009.
- [10] BRAUNER, K. W.; HOLDEN, H. K., et al, «Understanding the Impact of Intelligent Tutoring Agents on Real-Time Training Simulations», presentado en Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), 2011, pp. 170-182.
- [11] ALEVEN, V., «Rule-Based Cognitive Modeling for Intelligent Tutoring Systems», en *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, R. Nkambou, J. Bourdeau and R. Mizoguchi., Springer-Verlag, 2010, pp. 33-62.
- [12] EAGLE, M. J. and BARNES, T., «Evaluation of Automatically Generated Hint Feedback.», presentado en Proceedings of the International Conference on Educational Data Mining., Memphis, Tennessee, USA, p. 372-381.
- [13] CHI, M.; VANLEHN, K., et al, «Do micro-level tutorial decisions matter: Applying reinforcement learning to induce pedagogical tutorial tactics», presentado en Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, 2010, pp. 224-234.
- [14] BOURDEAU, J. y GRANDBASTIEN, M., «Modeling Tutoring Knowledge», en *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, R. Nkambou, J. Bourdeau y R. Mizoguchi., Springer-Verlag, 2010, pp. 123-143.
- [15] ENSTRÖM, E.; KREITZ, G., et al, «Five Years with Kattis – Using an Automated Assessment System in Teaching», presentado en Proceedings of the 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Rapid City, 2011, pp. 31-44.
- [16] Wang, Y. and Heffernan, N., «Extending knowledge tracing to allow partial credit: Using continuous versus binary nodes», *Artif. Intell. Educ.*, pp. 181-188, 2013.
- [17] NAUDÉ, K. A.; GREYLING, J. H., «Marking student programs using graph similarity», *Comput. Educ.*, pp. 545-561, 2010.
- [18] Pelánek, R., «Metrics for evaluation of student models», *Journal of Educational Data Mining*, vol. 2, 2015.
- [19] WATSON, C.; LI, F. W. B., et al., «BlueFix: Using Crowd-Sourced Feedback to Support Programming Students in Error Diagnosis and Repair», presentado en Proceedings of the International Conference on Web-Based Learning - ICWL Sinaia, Romania, 2012.
- [20] OREHOVACKI, T.; RADOSEVIC, D., et al., «Acceptance of Verificator by Information Science Students», presentado en Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, 2012.
- [21] WERAGAMA, D. S, «Intelligent Tutoring System for learning PHP», Tesis Doctoral, School of Electrical Engineering & Computer Science, Queensland University of Technology., 2013.
- [22] LE, N.-T.; LOLL, F., et al., «Operationalizing the Continuum between Well-Defined and Ill-Defined Problems for Educational Technology», *IEEE Trans. Learn. Technol.*, pp. 258-270, 2013.
- [23] STAMPER, J. C.; EAGLE, M. J., et al, «Experimental Evaluation of Automatic Hint Generation for a Logic Tutor», *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 1, n.º 22, pp. 3-17, 2013.
- [24] MITROVIC, A.; OHLSSON, S., et al, «The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system», *Comput. Educ.*, vol. 1, n.º 60, pp. 264-272, 2013.
- [25] Felder, R. M. and Soloman, B. A, «Index of Learning Styles».
- [26] Filali Bouami, M. T, «Desarrollo y optimización de nuevos modelos de redes neuronales basadas en funciones de base radial» Universidad de Granada, 2005.

The Prevalence of Drug and Substance Abuse among School Going Teenagers in the Shiselweni Region of Swaziland

Dlamini Patience Gugu¹ and Makondo Davison²

¹Nzongomane Primary School,
P. O. Box 1486 Nhlangano, Swaziland

²Educational Foundations and Management, University of Swaziland,
Private Bag 4 Kwaluseni, Swaziland

Copyright © 2017 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 sought to explore the prevalence and societal influence on drug and substance abuse among secondary school going teenagers in the Shiselweni region of Swaziland. Exploratory sequential mixed method research design was employed. Focus group discussions with 35 learners who were drug and substance abusers were selected using snowball sampling. In-depth interviews with four principals of the selected schools were done to generate qualitative data and these were selected using the criterion purposive sampling method. The generated qualitative data were analysed using thematic analysis and were used to form items of a questionnaire given to 200 randomly selected students for quantitative data. Quantitative data were analysed using descriptive statistics, frequencies, mean and standard deviation. The study revealed that drug and substance abuse was prevalent among teenage learners and the society was encouraging drugs and substances abuse. A programme to deal with abuse problems was recommended.

KEYWORDS: drug, drug abuse, society, substance, substance abuse.

1 INTRODUCTION

Researchers and other related stakeholders observe that the deliberate intake and consumption of drugs and other impairing substances are on the increase the world over. The United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) (2010) estimated that 3.4% to 6.6% of the world's population or people aged from 15 to 64 years old had used illegal drugs. It is also estimated that there were between ninety-nine to two hundred and fifty three thousand deaths globally that resulted from the use of illegal drugs (UNODC, 2010).

Owo (2012) states that all over the world the problem of alcohol and other drug abuse amongst school going teenagers is recognised as one of the greatest challenges of our time. Maithya, Muola and Mwinzi (2013) further state that over the past decades the use of illicit drugs has spread at an unprecedented rate and has reached every part of the world. Thus, this study sought to find out the prevalence of drug and drug abuse in the Shiselweni region of Swaziland and also to explore the role played by society in influencing the teenage learners to partake in drug and substance abuse.

Pelzer (2009) who analysed data from six African countries: Zambia, Kenya, Uganda, Swaziland, Namibia and Zimbabwe, as part of the Global School Based Health Survey reported that 6.6% of the students use alcohol at harmful or potentially harmful levels (2 times or more per day for at least 20 days in 30 days) and 10.5% use illicit drug (3 or more times ever). Students were drawn from grades 6, 7, 8, 9 and 10 and sample size was 20,765 students. In 2001 the United Nation Development Programme (UNDP) revealed that 70% of the homesteads in the Hhohho region of Swaziland grew their own marijuana. As a result damages in the form of physical, mental, emotional and spiritual health have been experienced by and observed in individuals, families and communities in Swaziland. In 2006 the National Council of Smoking, Alcohol and Drug Dependence Swaziland (COSAD), assisted by the Medical Research Council (MRC) in South Africa, reported that the majority

of individuals who abused drugs in Swaziland began between the ages of 10 – 19 years; and the prevalence of substance abuse was higher among males as compared to females.

According to the Swaziland National Youth Policy (SNYP) (2009), an assessment report on substance abuse done by the Ministry of Health Swaziland-MOHSW in 2002 showed that 34% of the sample population of young people was found to be abusing different substances. Of the total percentage of the abusers, 60% of them abused alcohol, 31.1% abuse tobacco while 8.9% abused other drugs such as mandrax, cocaine and heroin and inhalants such as glue and benzene. Marijuana abuse was highest at 93.8%. In addition to that, the report revealed that the majority of drug abusers started at the age of 10 years.

In 2015, again, the Royal Swaziland Police of the Anti-drug Unit further reported alarming statistical levels on drug abuse arrests in Swaziland. Table 1 shows figures of people (n=5951) who were arrested for narcotics abuse and trafficking in each of the four regions of Swaziland, from year 2011 to year 2014. Among these people there were juveniles (n=54) aged 12- 18 years. The figures shown on the Table 1 clearly indicates the magnitude of the prevalence of drug and substance abuse in Swaziland. Hence, Ndlangamandla (2014, September 15) concluded that drug and substance abuse is a monster which is threatening the success and prosperity of the young people in Swaziland. Thus, the researchers were interested in finding out if this was also common in the Shiselweni region of Swazind.

Table 1. Statistics of arrests on narcotics use in Swaziland from 2011 - 2014

Year		Hhohho	Manzini	Shiselweni	Lubombo	Totals
2011	Arrests	590	334	205	138	1267
	Males	454	282	177	109	1022
	Females	136	52	28	29	245
	Juveniles	10	5	9	2	26
2012	Arrests	556	302	212	117	1187
	Males	398	235	176	89	898
	Females	158	67	36	28	299
	Juveniles	3	3	1	1	8
2013	Arrests	762	478	204	103	1547
	Males	487	322	168	82	1059
	Females	275	156	36	21	488
	Juveniles	3	3	4	0	10
2014	Arrests	309	569	918	154	1950
	Males	267	449	691	112	1519
	Females	42	120	227	42	431
	Juveniles	3	0	4	0	10

Source: Royal Swaziland Police Anti-drug Unit (2015)

On another note, Rew (2005) laments that due to the toxicity and addictiveness of drugs; consumption of drug and other intoxicating substances implies slow suicide. According to Rew (2005) find out that drug and substance abuse poison and degenerate the vital body organs causing diseases like liver cirrhosis, kidney failure and heart attack. Addiction starts when the abusers continue to take drugs in order to carry out their daily duties. This makes the problem of drug and substance abuse in the society complex and requires a lot of attention. Abdu-Raheem (2013) declares that drug and substance abuse is both a national and international sensitive challenge that needs urgent attention due to the alarming rate of involvement of the youth.

The Swaziland government has made efforts to control drug and alcohol abuse through illegalizing the selling of alcohol to people under the age of 18 years. However, this has had little impact since the perpetrators do so in search of money. The rate at which drug and substance abuse is spreading among young people; seem to be damaging the country's culture, social and moral fibre calls; hence the need for a well informed action. This study, therefore, sought to explore the prevalence of drug and substance abuse, focusing only on marijuana and alcohol, among secondary school going teenagers in the Shiselweni region of Swaziland.

2 OBJECTIVES OF THE STUDY

This study sought to:

- 2.1.** explore the prevalence of drug and substance abuse among secondary school going teenagers in the Shiselweni of Swaziland; and
- 2.2.** establish how society influences drug and substance abuse among secondary school teenagers in Swaziland.

3 EMPIRICAL STUDIES

According to the UNODC (2010), marijuana remains the most widely used illicit substance globally. The UNODC attributed the prevalent use of marijuana to the fact that marijuana can be easily cultivated both indoors and outdoors. Therefore; its relatively simple production has led to its being produced and traded almost everywhere in the world. Reesor, John, Ward, & Wang'Ombe (2009) reported that in rural areas, both marijuana and locally brewed alcohol are virtually free for most young people as they are grown or brewed in the homesteads. As such, poverty has little influence in keeping young people away from drugs in these areas. In urban areas, drugs or alcohol are sometimes used as a way for boys to gain peer recognition by demonstrating their access to disposable income for these items. Religious clerics, girls and boys report that parents often drink heavily and/or use drugs in the presence of their children. This often influences children to also like to drink or try drugs.

Craig (2004) as well as Joseph and Ngesu (2012) concur that people engage in illicit drugs and substances because of their availability and such availability is facilitated by those who benefit financially from the act of drug selling. Also, according to Masilo (2012), the environment in which learners go to in school can contribute to their engagement in drug use, that is, if there are many taverns or, for that matter, shebeens within reach of the school premises; learners are prone to have appetite drugs and alcohol.

Harnandez and Araiza(2014) found out that in U.S. A, 10.1% of youth aged 12 to 17 were using illegal drugs; and the most frequently used drug being marijuana. The study findings confirmed findings of a study by Johnston, O'Malley, Bachman & Schulenberg (2007) which also found that almost half of high school seniors in U.S.A. reported to be using illicit drugs at least once during their lifetime. Therefore, easy availability and low prices of drugs and substances have contributed to the drug and substance abuse among young people.

A study by Siphepho, Dlamini and Nxumalo (2013), on management of violence in high schools by teachers, parents and students in the Manzini region of Swaziland, revealed that alcohol abuse among the students is very common during the marula season in which the fruits are brewed and enjoyed by many including children. According to the study, there are even days set aside by government authorities during which women regiments are expected to brew the marula fruit and then bring the alcohol for national celebration ceremonies. Also, according to Siphepho, Dlamini & Nxumalo (2013) it is believed that alcohol brewed from tmarulafruit is healthy because it cleans the body systems. Hence, many Swazis are motivated to drink it, including the children. Because of this belief, the effect of the abuse of this alcohol among Swazis; is alarming.

On another note, Mhlongo (2005) also argues that accessibility of drugs is inevitable in Swaziland. This is because Swaziland is a landlocked country, and shares borders with the Republic of South Africa in the west, south, and north and Mozambique in the east and this makes drug trafficking into Swaziland very easy as the borders are easily permeable. Therefore, the drug problem is expected to escalate unless immediate steps are taken to prevent this from happening. Ondieki and Ondieki (2012), therefore, state that if drugs are ubiquitous students can access them.

4 THEORETICAL FRAMEWORK

The study is informed by the Social Cognitive Theory by Albert Bandura of 1977. The theory posits that an individual learn most of his behaviour from the environment he lives in, by observing others in the same environment especially the significant other and role models. Bandura experimented with a Bobo doll to show that behaviour imitated through observations of influential persons. In this experiment children observed an adult woman violently beating up the Bobo doll. When the children were then let out to play in another room that had a new Bobo doll; a number of the children imitated the aggressive actions of the adult woman on the doll that they had previously observed during the experiment (Boeree, 2006). According to the social cognitive theory, children learn by observing and imitating models in their environment.

The main focus of this study is to explore the prevalence of drug and substance abuse among secondary school going teenager. The study also looked at how society influenced drug and substance abuse among secondary school going

teenagers. So, the Social Cognitive theory is relevant to this study because of the assumption that the acquisition of behaviours and values are greatly influenced by the matrix of social relationships in which the individuals are embedded. That is, the Social Cognitive theory assumes that individuals' behaviours and values are greatly influenced by their social background. Drug and substance abuse, therefore, is one of the much behaviour that results from an interaction between individual characteristics and the competing influences of multiple social groups.

5 METHODOLOGY

This study employed a mixed method approach which followed an exploratory sequential research design. Both qualitative and quantitative approaches were used, sequentially. The aim of this study was to explore the prevalence of drug and substance abuse among secondary school going teenagers in the Shiselweni region of Swaziland. Therefore, the exploratory sequential mixed method research design allowed the researcher to first conduct focus group discussions with the secondary school teenagers who were drug and substance abusers; and in-depth interviews with the principals of the same schools to explore their general attitudes, views, opinions, feelings and understanding towards the prevalence of drug and substance abuse among school going teenagers through the qualitative approach. Then through the quantitative approach, questionnaires were used in collecting quantitative data to confirm the qualitative findings. McMillan and Schumacher (2010) affirm that the exploratory sequential research design allows the use of both the qualitative approach which allows an in-depth understanding of the phenomenon and the quantitative approach which enables the researcher to assess and confirm the qualitative data.

The snowball sampling technique was used to select 35 secondary school going teenagers from the selected schools in the Shiselweni region of Swaziland who were drug and substance abusers to participate in the qualitative phase. Through an informed discussion with a small group of students, the researchers got two names of teenage students who were drug and substance abusers. The two participants were approached by the researchers and they revealed names of their colleagues who were also drug and substance abusers. This process went on in all the 4 schools and the researchers were able to get a sample of 35 participants. According to Mcmillan and Schumacher (2010), in snowball sampling the researcher identifies and requests volunteers from a group of people who meet the specific requirements to participate in the study. These individuals then spread the information and identify other members from the same population for inclusion in the sample. The members may in turn identify a further set of individuals so that the sample grows in size like a rolling snowball.

Through simple random sampling (n=200) teenage students were selected out of (n=1,998) secondary school teenage students from the population of the four schools in the study. This was 10% of the total population of the study. Mushoriwa (2009) asserts that 10% to 20% of the sample is an adequate representative of the population. The simple random sampling procedure was a relevant sampling technique for the quantitative phase since the researcher wanted to confirm and generalise the qualitative findings to the population. Creswell (2012) asserts that the simple random sampling is important for the researcher to infer generalisations about the population at large. In conducting the simple random sampling, the researcher followed the steps outlined by Kumar (2010). The researcher first identified by number all the teenagers in the population; wrote the numbers on slips of paper and deposited them in a large bowl or container; then after mixing thoroughly, the researcher had one student blindfolded to select one number at a time until the desired sample size of teenage participants was obtained. That was the 200 teenagers from whole the population.

Bias in data collection instruments was prevented by avoiding ambiguous and vague words which could lead respondents to understand the question and answer a question differently than was intended. To ensure the validity of the instruments, the research instruments were reviewed by experts in the field of research. Instrument reliability coefficient was calculated using Cronbach Alpha; and the reliability coefficient was 68.3%. Permission to conduct the study in schools was granted by the Director of Education from the Ministry of Education and Training. Informed consent was sought from school principals and learners. Participants were informed that confidentiality and anonymity would be ensured using pseudonyms.

Qualitative data were collected and analysed first. For qualitative data, four focus group discussions with a total of 35 secondary school going teenagers who were drug and substance, alcohol and marijuana in particular, abusers selected. The snowball sampling technique was adopted to select participants from four schools. In-depth interviews with the four principals of the selected schools were conducted. These were selected using criterion purposive sampling. Each focus group discussion took about 35 to 40 minutes while each interview session took about 20 to 25 minutes. Then from the qualitative data a questionnaire used to gather quantitative data was generated. For the quantitative data, respondents were asked to respond to the questionnaire using a given six – point Likert scale ranging from strongly disagree (1) to strongly agree (6).

Qualitative data was transcribed and categorised into themes and then interpreted; at times verbatim. Quantitative data was analysed with the help of the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) Version 20 and then presented using tables.

The descriptive statistics such as frequencies, mean and standard deviation were used to interpret the quantitative data. In this study means that were 3.5 and above indicated prevalence of drug and substance abuse among school going teenagers, and indicated positive societal influences on drug and substance abuse among school going teenagers. Means below 3.5 indicated less prevalence of drug and substance abuse and less positive societal influences. In data collection and analysis, pseudonyms were used to refer to participants or respondents to ensure that confidentiality and privacy is observed.

6 FINDINGS AND DISCUSSIONS

THE PREVALENCE ON DRUG AND SUBSTANCE ABUSE AMONG SECONDARY SCHOOL GOING TEENAGERS

The school going teenagers were asked to describe the prevalence of drug and substance abuse in their respective schools. The participants' experiences are displayed in Table 2.

Table 2. Prevalence of marijuana and alcohol abuse among secondary school going teenagers

Statements	Mean	SD
Marijuana		
Most of the teenagers who smoke marijuana are boys	3.91	1.80
Teenagers abuse marijuana the most during sports activities in the school	3.70	1.79
As teenagers we enjoy eating marijuana with snacks	3.58	1.96
Most of the teenagers who smoke marijuana are girls	2.12	1.38
Alcohol		
Teenagers abuse alcohol the most during sports activities in the school	4.55	1.70
Most of the teenagers who abuse alcohol are boys	4.29	1.67
Teenagers prefer drinking beer more than umcombotsi	3.99	1.38
Teenagers prefer drinking beer more than marula	3.68	1.82
Teenagers prefer drinking marula more than beer	3.55	1.87
Most of the teenagers who abuse alcohol in the school are girls	2.45	1.51

The findings on Table 2 showed that drug and substance abuse in the schools studied, were very prevalent in such a way that the teenage students carried their alcohol to class in water-bottles ($M = 4.07$, $SD = 1.86$) and they also used toilets as hiding places to consume alcohol and smoke marijuana (marijuana: $M = 4.17$, $SD = 1.80$; alcohol: $M = 3.80$, $SD = 1.89$). The teenage students drank alcohol right in class during teaching and learning. Teachers would think that the teenage students were drinking water to quench thirst without observing that they were in instead drinking alcohol. Also, according to the findings of the study, students did not only smoke marijuana but they also enjoyed eating it with snacks and the *mean* and *standard deviation* for those who used that format stood at ($M=3.58$, $SD = 1.96$) respectively as compared to those who smoked it ($M=3.02$, $SD = 1.82$). The teenage students explained that they crushed the marijuana, sprinkled it on snacks such as popcorns and nick-nets and ate it. When the researcher probed the participants why they enjoyed eating the marijuana more than smoking it; one of the teenage students 10 said, *"Smoking marijuana makes the effect short-lived in our body systems compared to when we will have eaten it. In addition to that, smoking will signal some authorities; whereas, eating is just quiet and safe for us."* Most of the participants concurred that smoking the marijuana would make them *high* very fast but it is short-lived whereas eating it with the snacks; takes it into the body system and the effect lasts longer. In addition to that, smoking will signal some authorities; whereas, eating is just quiet.

Also, according to the findings of the study, most of the secondary school going teenagers who were immersed in drug and substance abuse in the Shiselweni region of Swaziland were teenage boys (marijuana: $M=3.91$, $SD = 1.38$; alcohol: $M=4.29$, $SD = 1.67$) as compared to teenage girls (marijuana: $M=2.12$, $SD = 1.38$; alcohol: $M=2.45$, $SD = 1.51$). Teenage student 1 confirmed, *"We boys smoke a lot. Also, I would say in the 90% of the teenagers who abused alcohol 30% of them who are abusing alcohol are girls and about 60% are the boys."* The findings further showed that types of alcohol commonly abused by the teenagers were lager ($M=3.68$, $SD = 1.38$) and *marula*, a Swazi traditionally brewed alcohol, ($M=3.56$, $SD = 1.70$). In addition; the findings of the study showed that drug and substance abuse among the school going teenagers was very prevalent during sports activities (marijuana: $M=3.70$, $SD=1.79$; alcohol: $M=4.55$, $SD = 1.70$).

The principals affirmed that marijuana and alcohol abuse was very prevalent in their schools. St Albert Secondary School principal who had been the principal of the school for eight years said, *"People around this school cultivate marijuana. Since I*

arrived at this school I have noticed that education is not a priority among the male students and I blame that on the cultivation of marijuana.” Also, St Daniels Secondary School principal said,

“Marijuana abuse is very prevalent among the teenage students in the school especially among the students in the hostels. Smoking and consumption of marijuana among the teenage students in the school both from the hostel and day scholars was estimated to be 5%. However, only the male teenage students had cases of marijuana abuse.”

The findings of the study on the frequency of marijuana and alcohol abuse among school going teenagers are shown in Table 3. The findings on the table showed that teenage students smoked marijuana and drank alcohol once or twice a week (marijuana: 69.3%; and alcohol: 80.7%).

Table 3. Frequency level of marijuana and alcohol abuse among secondary going school teenagers

	Marijuana		Alcohol	
	Frequency	%	Frequency	%
1-2 days	106	69.3	130	80.7
3-4 days	29	19.0	13	8.1
More than 4 days	18	11.8	18	11.2

The findings of the study about the prevalence of drug and substance abuse among the school going teenagers were congruent to the findings of a study conducted by Siphepho, Dlamini and Nxumalo (2013) in Swaziland which revealed that drug and alcohol abuse among students was very prevalent among students and that is evident during the marula season and during sports days where the students have a lot of chance to indulge in drug and alcohol abuse due to the large amount of time outside class and without close monitoring by their teachers. The findings are also in agreement with the findings of studies conducted by the National Council of Smoking Alcohol and Drug Dependence Swaziland (COSAD) (2006) and the Medical Research Council (MRC) in South Africa which observed that the prevalence of substance abuse was higher among males as compared to females.

SOCIETAL INFLUENCES ON DRUG AND SUBSTANCE ABUSE AMONG SECONDARY SCHOOL GOING TEENAGERS

The teenage students were asked how they thought society influenced the drug and substance abuse among secondary school going teenagers. Table 4 displays participants’ responses or experiences.

The findings of the study on Table 4 revealed that the community members did not only influence the drug and substance abuse among the teenage students through their behaviour but also by making marijuana farming look lucrative, hence important in one’s life ($M=3.10$, $SD\ 1.85$); and selling alcohol to the teenage students ($M=3.57$, $SD\ 1.81$). Participants from St Albert and St Daniels Secondary Schools said that marijuana was grown in their communities.

Table 4. Societal influence on marijuana and alcohol abuse among secondary school going teenagers

Statements	Mean	SD
Most teenagers use the school toilets as hiding places for smoking marijuana	4.17	1.80
Peer pressure cause teenagers to abuse marijuana	3.49	1.79
Abuse of marijuana by educators is a contributory factor to teenagers’ abuse of marijuana	3.16	1.89
70-90% of the people in my community cultivate marijuana	3.10	1.85
In my community marijuana farming is considered a very lucrative and important business	3.10	1.85
Teenagers carry alcohol in water bottles to class	4.07	1.86
Having shebeens/clubs/bars near the school	3.87	1.80
Most teenage students hide and drink their beer behind toilets in the school	3.80	1.89
During marula season adults sell marula alcohol even to students	3.57	1.81

The participants said that they grew up as young children knowing that farming marijuana was lucrative and normal. The participants revealed that from a very young age they have heard their fathers and brothers accusing some community

members especially males who did not engage themselves in cultivating marijuana as sell-outs and spies for the police. For instance, Teenage student 1 said,

Veleumaungalimiinsangukulendzawoyakitsisiyakulwisangobasititjelakwekutsiutawuphilangani, futsiumuntfulongayilimiinsanguufunakubayimpimpiyemaphoyisa. Umsebentikute la! Insanguinemali! Ngilaphaesikolweni-njeinyufomungiyatitsengela. Ngishoekhayabayakusupporternawucalakuyilima. Babe uveleatsi, Sewucalekubayindvodza-kenyalomfanawami.

Allowing shebeens/clubs/bars near the schools influenced drug and substance abuse among school going teenagers, particularly alcohol (M=3.87, SD 1.80). St Cadre Secondary School principal explained, *"The Cases of alcohol abuse are very common during marula season and this is because there are many marula trees in the area. Therefore, during the marula season, the marula alcohol is ubiquitous and accessible."* The participants said that during the marula season they had plenty of marula alcohol because there were many naturally growing marula trees in their area. The participants said that both traditionally brewed alcohol and lager were sold in nearby homesteads and they have access to them.

Some of the participants explained that they bought themselves school uniform and even paid for their school fees through marijuana farming which gave them a lot of money. The participants also boasted that through marijuana farming they bought cattle. For instance, one participant said, *"I bought five cattle with the money I got from selling marijuana."* while another participant said, *"I also bought two cattle."* Cattle are a symbol of wealth among the Swazi people. The participants revealed that they could even buy cars but because they were still at school they did not buy them. They felt that there was no reason for a car when they were still at school. In addition, they said buying a car would attract the attention of the police in that the police would inquire how they bought cars when they were still at school.

The marijuana trade gave them so much money in such way that they felt that there was no need to continue schooling. Also, accessibility to marijuana and alcohol has significantly contributed to the drug and substance abuse among teenage students; and such findings concur with the finding of studies by Johnston et al. (2007) and Araiza and Harnandez (2014) which also found that availability and low prices of drugs and substances have contributed to the drug and substance abuse among young people in the Shiselweni region of Swaziland.

The study further revealed that other participants drank alcohol and smoked marijuana to ease stress caused by not getting what they were asking for from their parents. For instance, Teenage participant 10 said,

Like myself when I ask for something I need at school at home, my stepmother does not tell my father who works in Johannesburg mines. So I get stressed. Then "emajita" help me to relax. We drink and smoke and I then feel like all my problems are solved.

The participants also revealed that some of their parents were always engaged in their work and they had no time for them. In addition to some participants, reported that some of their parents/guardians were heavy drinkers and smokers and had little time for family issues. Therefore, the participants said that to close that gap, they sought attention elsewhere; which is their friends, drugs and alcohol. Other participants blamed their indulgence to alcohol abuse on parental separation and/divorce. Teenage Participant 5 said, *"I keep asking myself the question why my parents separated; and in trying not to think about my parents' separation I take alcohol."*

Therefore, from the results of the study, it can be concluded that some of the participants drank and smoked with friends to manage stress related problems caused by not getting what they were asking for from their parents. In addition to that, the results of the study showed that lack of parental care and love was a major factor contributing to the teenage students' indulgence to drug and substance abuse.

Some participants lamented that the school environment had in one way or the other drove them to abuse the drugs and substances. They gave an example of their teachers whom they said were giving them stress. They said that their teachers called them by names such as 'aphids', 'dullest student', 'umthoyi'. One participant said, *"So to repress that, we smoke marijuana."* However, St Daniels Secondary School principal complained, *"Some drug dealers also send their kids to sell the marijuana in the school. One boy was caught selling marijuana to other students in the hostel."* Therefore, learners are sometimes used as drivers of marijuana. This gives them access into drug and substance abuse and orients them into this seemingly lucrative but illegal business.

The participants also reported that the school has contributed to their drinking of alcohol in one way or another. They pointed out that teachers did not condemn or punish their drinking; but; they comically make fun about them when they realised that they were drunk. The participants further complained that some of their teachers, whom they looked revered a lot, were heavy drinkers themselves. One participant said, *"There is too much freedom in this school. So, many of my friends drink alcohol and namike angifuni kudisappointer bangani bami."* The participants said that he started drinking because he

did not want to disappoint his friends who drank alcohol in the school. Some participants added that their school was too big such that it is too easy to hide in the crowd. They said that they had places inside the school premises where they drank and smoked. Such places included old and unfinished building blocks, behind laboratories and toilets. The respondents said that they sometimes came to class drunk and because of the numbers in the school; the teachers would not notice that they were drunk.

According to the findings of the study, the availability or accessibility of marijuana and alcohol had made teenage students to start abusing marijuana and alcohol at a very young age. The findings concur with Siphepho et al. (2013) who revealed that Swaziland is faced with a serious problem of large production of marijuana through cultivation. As a result the drug is easily accessed by many people who desire it, including the youth. The study revealed that some of the teenagers grew up knowing that marula alcohol is for cleaning their stomachs. It is a sacred and revered traditional beer whose coming is even celebrated by the monarch. Therefore, taking “*maganu*” is prestigious in Swaziland. Also, according to the findings of the study, marijuana farming was considered normal in communities where some of the teenagers resided. Also, teachers’ behaviour and attitudes towards students sometimes influenced drug and substance abuse among students.

7 CONCLUSIONS

Therefore, from this study, it can be concluded that teenage students are ‘naturally’ exposed to the drugs and substance abuse. That is, they are brought up in an environment where there is accessibility of drugs and substances at a tender age due to the fact that their families and almost the entire society are involved in drugs and substance abuse in one way or the other. The coming of the “*maganu*” season is celebrated by the state. This makes partaking in the “*maganu*” festival prestigious. In addition to that, the availability of drugs and substances makes them readily available at a low cost such that the school going teenagers can afford the drugs and substances from their pocket money. Some participants revealed that they are involved in transporting marijuana to the selling points. This gives them access to the drug and trivialises the offence of drug abuse, dealing and trafficking.

8 RECOMMENDATIONS

The fact that teenagers are ‘naturally’ exposed to drug and substance abuse because of their social circumstances means that there is a need for a well-planned organised and professionally coordinated programme to deal with drug and substance abuse problems in families and in society.

The government needs to develop and implement a national policy on drugs and substance abuse together with relevant studies by institutions under different ministries to develop appropriate mitigatory measures at local levels such as in schools. Given the international flare of the drug and substance abuse it is also recommended that the government seeks financial and technical support from international organisations that specialise in drugs and substance abuse.

The fact that teenagers are naturally exposed to drug and substance abuse because of their social circumstances means that there is a need for a well-planned organised and professionally coordinated programme to deal with drug and substance abuse problems in families and in society. Such programme should be started at an early stage of child development such as the schools. Members of the society must be encouraged to participate in the suggested educational programmes so they can follow up their children at home,

Community leaders and law enforcement agents must be conscientised of the new techniques and methods used by adolescent drug and substance abusers. School infrastructure should have enough security to flush out all black spots that may be used to curtail drugs and substance abuse.

REFERENCES

- [1] Abdu-Raheem, B. O. (2013). Sociological factors to drug and effects on secondary school students’ academic performance in Ekiti and Ondo States, Nigeria. *Contemporary Issues in Educational Research-Second Quarter*, 6(2). Retrieved on February, 2016 from <http://www.cluteinstitute.com>.
- [2] Bandura, A. (1977). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice – Routledge Press.
- [3] Boeree, C. G. (2006). Personality Theories-Albert Bandura 1925-present. <http://webpace.ship.edu/cgboer/bandura-hmti/2013/2/14>
- [4] Craig, R. J. (2004). *Counselling the alcoholic and drug dependent client: A practical approach*. Boston: Allyn& Bacon.

- [5] Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (4th ed.)*. Boston: Pearson Education, Inc.
- [6] Hernandez, A. E. & Araiza, S. M. (2014). "Beliefs About Substance Abuse Among Adolescents: What Works?" *Electronic Theses, Projects, and Dissertations*. Paper 61.
- [7] Johnston, L.D., O'Malley, P.M., Bachman, J.G. & Schulenberg, J.E. (2007). *Monitoring the Future national survey results on drug use; secondary school students 1, (07-6205)*.
- [8] Kumar. R. (2010). *Research methodology: A step by step guide for beginners*. London: SAGE Publication
- [9] Maithya, R., Muola, J. M. & Mwinzi, D. (2013). Motivational factors for substance abuse among secondary school and university students in Kenya: The way forward. *International Journal of Asian Social Science 2 (9), 1548-1563, Mental Health Addiction. (4), 87- 102*.
- [11] Joseph, N.W & Ngesu, L. (2012). The extent and panacea for drug abuse and indiscipline in Kenyan schools. *Asian Journal of Medical Sciences*. 4(1), 29-36.
- [12] Masilo, D.T. (2012). *The impact of substance abuse on learners from dysfunctional families at Ipelegeng location in Schweizer-Reneke*. (Unpublished M.A. Dissertation). Polokwane, South Africa: University of Limpopo.
- [13] McMillan, H. J. & Schumacher, S. (2010). *Educational research. Evidence-based enquiry (7th ed.)*. Boston: Pearson.
- [14] Mhlongo, G.T. (2005). *Drug abuse in adolescents in Swaziland*. South Africa: Pretoria.
- [15] Mushoriwa, T. D. (2009). *Educational psychology*. University of Swaziland: Institute of Distance Learning.
- [16] Ndlangamandla, V. (2014, September 15). Characteristics of a Drug Addict. Swazi Observer. Swazi Observer, pp. 1.
- [17] Ondieki, A.G. & Ondieki, Z. M. (2012). The Preconditioning Factors to Drug Use and Abuse among Secondary School Adolescents in Kigomkma Division, Kassii Country: *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies (JETERAPS) 3 (4): 465-470*
- [18] Owo, O. I. (2012). *Alcohol and other drugs: Prevalence risk factor and the effects on academic performance of high school students in the Mkgalakwena Municipality*. South Africa: University of Limpopo
- [19] Pelzer K. (2009). Prevalence and Correlates of Substance Use among School Children in Six African Countries. *International Journal of Psychology, 44(5): 378-386*
- [20] Reesor, A., John, R., Ward, K. & Wang'Ombe, P. (2009) *Spiritual State of the World's Children, A Qualitative Study*. Swaziland One Hope: Metadigm Group.
- [21] Rew, L. (2005). *Adolescent health. A multidisciplinary approach to theory, research and intervention*. California: Sage publication.
- [22] Royal Swaziland Police Anti- drug Crime Prevention Unit (RSP-ACPU) (2015). *Narcotic, s statistics report as from 2011-2014*. Mbabane: Police Headquarters.
- [23] Siphepho, J. S., Dlamini, S. V. & Nxumalo, N. C. (2013). Management of violence high schools by teachers, parents and students: the case of urban and semi-urban high schools in the Manzini region, Swaziland. *Direct Research Journal of Health and Pharmacology (DRJHP) 3, 34- 39*.
- [24] Swaziland National Youth Policy (SNYP) (2009). *Drug and substance abuse*. Mbabane: SNYC.
- [25] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) (2010). *World drug report*. Vienna: UNODC.

ELECTRIC POWER GENERATORS USED IN SELECTED BUILDINGS IN IBADAN METROPOLIS, NIGERIA

Akeem Bolaji Wahab

Department of Building,
Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

Copyright © 2017 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: Inadequate supply of power by the service provider has been an unresolved national issue which affects occupants of buildings in performing tasks indoor. This study was carried out to assess generator audit in selected residential and commercial buildings in Ibadan Metropolis, Nigeria. The study area was divided into core, transition and suburban residential zones. Multistage and quota sampling techniques were used to select respondents sampled in residential and commercial buildings respectively. Descriptive and inferential statistical techniques were used to analyse data collected. The findings revealed that the average supply of power to residential and commercial buildings in the core, transition and suburban zones were 4.37, 5.31 and 7.6 hrs; 4.00, 4.45 and 5.86hrs respectively. The study showed that regardless of the zone, occupants of residential and commercial buildings sampled depended on varying types of brand of generating sets for either comfort need or occupational purpose. Also, 47.79%, of respondents in the residential buildings in the suburban zone used generating sets that were of higher output ratings than those used in either core or transition zone. Across the zones, 71.43% of respondents in the residential buildings could not use their generators to power all their electrical devices. However, in the commercial buildings across the zones, 93.75% of respondents were able to use their generators to power all their electrical appliances indoor. The study recommended that the myriad of poor power supply that forced building occupants to procure various types of generating sets and also run generator economy should be addressed by harnessing environmentally friendly and alternative sources of energy that will foster power security.

KEYWORDS: Supply of Electricity, Electric Power Generators, Generator Audit, Buildings.

1 INTRODUCTION

Buildings are constructed to serve as a unit of environment, meet housing and shelter needs and have much influence on the health and efficiency of the occupants. It is also considered as one of the three most fundamental human needs (Mabogunje, 2007; Adedokun *et al.*, 2011). Buildings are really meant to provide shelter for the occupants, but there is need for the procurement and installations of engineering and service systems to give the occupants the required comfort. These installations depend mostly on the use of one form of energy or the other to power them (Komolafe, 2011). Energy is fundamental for the provision of basic needs of the populace. It is considered to be a very important substance for development and has been a vital and indispensable input for the economic needs of the present age. It is undoubtedly the driving force of industrialization (Onyegegbu, 2003); and a powerful engine of economic and social opportunity, such that no nation can manage to develop without ensuring access to the required amount of energy to power service systems to be used in buildings (Steer *et al.*, 2000).

In spite of Nigeria's huge resource endowment in energy and enormous investment in the provision of energy infrastructure, performance of the power sector has remained poor in comparison with other developing economies. According to World Bank (2005), Nigeria had the highest percentage of system losses at 33 to 41% with the lowest generating capacity factor at 20%, the lowest average revenue at US dollars of 1.56 KWh, the lowest rate of return at 8%, and the longest average accounts receivable period of 15 months when compared with those of 20 other developing countries. As a

result of this fundamental problem, households, businesses and industrial premises rely on their self-procured electricity from generators that have attendant operating and capital costs (Idiata *et al.*, 2010; Awofeso, 2011).

A constant power supply is a critical component of every successful modern business, and where power failure happens more often and takes more time to fix, a reliable standby generator is really essential to power all the equipment and systems (Pabla, 2003; Gross, 1986). Today, the most common form of off-grid electricity supply are generators running on diesel or gasoline. Generators are used not only by rural households, but also by the grid-connected households and industries as a more stable supplement to the grid power. The rural incidence of diesel generator in Nigeria is difficult to estimate, but 96 to 98% of the grid-connected firms are known for the ownership of private generators (Tyler, 2002). Previous studies on generators usage in Nigeria such as Ahmad and Abubakar, 2012; Ana *et al.* 2014; Sonibare *et al.* 2014 especially in residential and commercial buildings in Ibadan Metropolis did not focus on generator audit. The study provided answer to research questions that considered characteristics of electric power generators used by the building occupants as alternative source of energy and thus assessed generator audit on the types, brand, ratings and cost of the use of generators in both residential and commercial buildings in Ibadan Metropolis, Nigeria.

2 RESEARCH METHODOLOGY

The scope of this study was limited to residential and commercial buildings that existed in Ibadan Metropolis. Ibadan metropolis was chosen because the study was urban based. Ibadan is the capital of Oyo State in the southwestern part of Nigeria (Ayeni, 1994). Ibadan is an urban centre located in the humid southwest of Nigeria and is the capital city of Oyo State. The geographical location of Ibadan falls between coordinates 7° 22' 47" North of the Equator and 3° 53' 0" East of the Greenwich Meridian. The total population of Ibadan according to FGN (2009) is 2,559,853 including population of the surrounding towns and villages. The entire area of Ibadan is largely well-drained, though many of its rivers are seasonal. Developed land increased from only 100 ha in 1830 to 12.5 Km² in 1931, 30 Km² in 1963, 112 Km² in 1973, 136 Km² in 1981 and 214 Km² in 1988 (Mabogunje, 1968).

The study population was made up of residential and commercial buildings occupied for residential and commercial purposes; where generating sets were used that existed in each of the three residential zones; core, transition and suburban respectively in each of the five local governments that made up Ibadan Metropolis. A reconnaissance survey was carried out and the study area was divided into a list of different residential/political wards determined and used for the purpose of the 2011 general elections by the (Oyo State Independent Electoral Commission, 2013). Multi-stage sampling technique was used which led to the sampling of 736 residential buildings. The first stage involved delineation of residential areas in Ibadan Metropolis into different zones based on age and other criteria. The technique of delineating residential areas in Nigeria involves the use of historical and physical attributes. It takes into consideration, period of the emergence of a city or a section of a city, housing characteristics, environmental qualities and population per square kilometer (density) among others (Afon, 2008; Wojuade, 2012; Adigun 2013). Faniran (2012) among other authors had identified three (3) residential zones in Ibadan. These are: core, transition and suburban residential zones and were thus adopted for this study. The stratification made the heterogeneous nature of the study population to be reduced into residential/political wards of similar and homogeneous features. In the second stage, stratified random sampling technique was used. According to Singleton *et al.* (1988), stratified random sampling technique requires fewer cases because each stratum is homogeneous. Out of the 59 residential/political wards in all the local governments, a 25% sample, representing 15 political/residential zones and 3 political wards (representing core, transition and suburban area respectively) in each of the selected local governments were used for the study. In the third stage, systematic sampling technique was used whereby 2% of the total number of buildings in the selected wards was sampled in accordance with Singleton *et al.* (1988) which stated that the greater the heterogeneity of the population, the larger the sample needed to achieve a given level of reliability.

Pockets of commercial buildings that were along the road networks and close to the residential buildings were purposively selected as its sample population. According to Esan and Okafor (1995), quota sampling has no definite probability law associated with the selection procedure which is aimed at providing some "balance" in the selected sample. In view of this, quota sampling technique was used to determine number of commercial buildings sampled and it served as representation of the stock of commercial buildings that existed in the study area. Thus, ten commercial buildings were selected in each of the three residential zones in the study area. Hence, a total of 150 commercial buildings were sampled.

In all, 886 residential and commercial buildings were selected (Table 1). The first building sampled was selected randomly between the 1st and the 20th building and starting with that number, every 20th building was subsequently selected following the line of accessibility. This technique eliminates bias of the researcher and gives each unit of investigation equal chance of being chosen in the complete list of the population (Blalock, 1969). One occupant was taken in each of the residential and commercial buildings sampled in each of the zones of the local governments of the study area. The data collected were

analysed by using descriptive and inferential statistical techniques such as ANOVA, Chi-square, frequency distribution and Duncan Multiple Range Test.

3 FINDINGS AND DISCUSSIONS

Table 1 showed that out of the 886 questionnaires administered on the users of generators in the residential and commercial buildings sampled, 537 questionnaires were returned and found useful. This indicated a return rate of 60.61%. According to Babies (2005), a response rate of 40% was adjudged adequate for studies in built environment related researches, and this implies, that the 60.61% return rate should be adequate to uphold the results.

Table 1: Response Rate of the Questionnaires Administered

Respondents/ Users of Generator	Number Administered by Building Type	Number Collected by Building Type	Percentage Collected by Building Type (%)	Percentage Collected in All Buildings Sampled (%)
Residential Building	736	443	60.19	60.61
Commercial Building	150	94	62.67	
Total	886	537		

CHARACTERISTICS OF THE RESPONDENTS SAMPLED

Table 2 showed the characteristics of respondents sampled in residential buildings in the study area. The age distribution of the respondents showed that bulk of respondents in the residential buildings across the zones belonged to the 31-40 age group (37.50%) and was followed by the 41-50 age group (33.80%) while the age group that was greater than 60 years (4.70%) had the least number of respondents. Table 3 showed that majority of respondents in the commercial buildings across the zones belonged to the 21-30 age group (52.20%) and was closely followed by the 31-40 age group (24.40%). This implies that bulk of the respondents sampled in the residential and commercial buildings were in their youthful ages and ought to be in possession of service items needed for comfort needs and performance of tasks indoor. It is shown in Table 2 that in the residential buildings, 55.88% of the users were self-employed, 35.05% were employed and 9.07% were senior citizens who had retired from either private or public service. It was obtained that employed respondents existed across the three residential zones of the study area as there were 24.84% in the core, 38.46% in the transition and 45.30% in the suburban residential zone. However, majority of respondents (100.00%) in the commercial buildings were self-employed since they used the facilities they occupied as means to earn their livelihood (Table 3). The educational status of respondents in residential buildings as shown in Table 2 revealed that 61(44.20%) of respondents in the transition zone had senior secondary education, 60(43.50%) had post-secondary education and 10(7.20%) had postgraduate qualification. In the suburban residential zone, 41(34.70%) had post graduate education which indicated that they were mostly educated. Comparably, in the core residential zone, 25(14.70%) and 108(63.50%) of its respondents had adult/primary and senior secondary school education respectively. Since it was found that it was in the suburban residential zones where the respondents were mostly educated, this indicates that the level of education of respondents which was most significant in the suburban residential zone in the study area would affect their socio-economic characteristics, particularly on the type and rate of the use of generating sets in their buildings. Contrastingly, Table 3 showed that majority of respondents in commercial buildings, 59(66.30%) across the zones had senior secondary school education and 23(25.80%) had post-secondary school education. Similarly, 23(74.20%), 24(66.70%) and 12(54.55%) of respondents in the core, transition and suburban zone respectively had senior secondary school education. The Table further indicated that a large proportion of the commercial buildings' respondents did not possess post graduate education. This could have effect on their socio-economic status.

Table 2 showed that bulk of respondents in the suburban residential buildings 32(29.09%) earned more than 120,000 naira monthly while respondents in the transition residential zone had reduced response rate of 4(2.94%). It also indicated that, it was in the core residential zone, where its majority, 111(63.07%) of its respondents earned below 30,000 naira monthly, and 65(36.93%) earned between 30,000 to 60,000 naira monthly. However, in the transition and suburban zones, 69(50.74%) and 14(12.73%) of their respondents respectively earned between 30,000 to 60,000 naira. This implies that earning power of respondents in the suburban residential buildings was significantly higher than others in the transition and core residential zones. Contrastingly, Table 3 showed that 23(62.16%) of respondents in commercial buildings in the

transition zone earned most with a monthly income range of 61,000 and 90,000 naira followed by 16(72.72%) and 21(61.76%) of respondents in the suburban and core residential zone that earned 61,000 to 90,000 and below 3,000 naira respectively. There was unequitable occupancy status of respondents sampled in the residential buildings as bulk of respondents in all the zones were landlords in their personal buildings with response rate of 94(52.81%), 91(65.47%) and 71(57.72%) for core, transition and suburban residential zone respectively (Table 2). It further revealed that fewer number of respondents were tenants in the buildings selected as the core zone had the highest frequency rate of 84(47.19%) followed by suburban 52(42.28%) and transition zone 48(34.53%) respectively. It is thus expected that, with the majority of the respondents being landlords in the selected buildings, their propensity to use building service items ought to be very high. However, tenancy status of respondents of commercial buildings in the study area varied disproportionately from what obtained in the residential buildings. It is shown in Table 3 that majority of the respondents, 64(68.82%) in commercial buildings in different zones of the study area were tenants in the facilities/buildings used based on the terms stated in their tenancy agreement.

Table 2: Characteristics of Respondents Sampled in the Residential Buildings

Characteristics	Residential Buildings							
	Core Zone		Transition Zone		Suburban Zone		Total	
	F	(%)	F	(%)	F	(%)	F	(%)
Age (Yrs)								
21-30	22	(12.50)	22	(16.40)	5	(4.20)	49	(11.40)
31-40	73	(41.50)	50	(37.30)	38	(31.90)	161	(37.50)
41-50	56	(31.80)	41	(30.60)	48	(40.30)	145	(33.80)
51-60	18	(10.20)	15	(11.20)	21	(17.60)	54	(12.60)
> 60	7	(4.00)	6	(4.50)	7	(5.90)	20	(4.70)
Total	176	(100.00)	134	(100.00)	119	(100.00)	429	(100.00)
Employment								
Employed	40	(24.84)	50	(38.46)	53	(45.30)	143	(35.05)
Self Employed	107	(66.46)	70	(53.85)	51	(43.59)	228	(55.88)
Retired	14	(8.70)	10	(7.69)	13	(1.11)	37	(9.07)
Total	161	(100.00)	130	(100.00)	117	(100.00)	408	(100.00)
Education								
Adult/Primary	25	(14.70)	4	(2.90)	0	(0.00)	29	(6.80)
Junior Secondary	23	(13.50)	3	(2.20)	0	(0.00)	26	(6.10)
Senior Secondary	108	(63.50)	61	(44.20)	19	(16.10)	188	(44.10)
Post Secondary	14	(8.20)	60	(43.50)	58	(49.20)	132	(31.00)
Post Graduate	0	(0.00)	10	(7.20)	41	(34.70)	51	(12.00)
Total	170	(100.00)	138	(100.00)	118	(100.00)	426	(100.00)
Income								
< N30,000	111	(63.07)	49	(36.03)	13	(11.81)	173	(40.99)
N30,000-N60,000	65	(36.93)	69	(50.74)	14	(12.73)	148	(35.08)
N61,000-N90,000	0	(0.00)	12	(8.82)	24	(21.82)	36	(8.53)
N91,000-N120,000	0	(0.00)	2	(1.47)	27	(24.55)	29	(6.87)
> N120,000	0	(0.00)	4	(2.94)	32	(29.09)	36	(8.53)
Total	176	(100.00)	136	(100.00)	110	(100.00)	422	(100.00)
Occupancy								
Landlord	94	(52.81)	91	(65.47)	71	(57.72)	256	(58.19)
Tenant	84	(47.19)	48	(34.53)	52	(42.28)	184	(41.81)
Total	178	(100.00)	139	(100.00)	123	(100.00)	440	(100.00)

Table 3: Characteristics of Respondents Sampled in the Commercial Buildings

Characteristics	Commercial Buildings							
	Core Zone		Transition Zone		Suburban Zone		Total	
	F	(%)	F	(%)	F	(%)	F	(%)
Age (Yrs)								
21-30	21	(61.80)	15	(44.10)	11	(50.00)	47	(52.20)
31-40	5	(14.70)	12	(35.30)	5	(22.70)	22	(24.40)
41-50	5	(14.70)	5	(14.70)	6	(27.30)	16	(17.80)
51-60	2	(5.90)	2	(5.90)	0	(0.00)	4	(4.44)
> 60	1	(2.90)	0	(0.00)	0	(0.00)	1	(1.10)
Total	34	(100.00)	34	(100.00)	22	(100.00)	90	(100.00)
Employment								
Employed	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)
Self Employed	32	(100.00)	33	(100.00)	23	(100.00)	88	(100.00)
Retired	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)
Total	32	(100.00)	33	(100.00)	23	(100.00)	88	(100.00)
Education								
Adult/Primary	3	(9.70)	1	(2.80)	0	(0.00)	4	(4.50)
Junior Secondary	1	(3.20)	1	(2.80)	0	(0.00)	2	(2.20)
Senior Secondary	23	(74.20)	24	(66.70)	12	(54.55)	59	(66.30)
Post Secondary	4	(12.90)	10	(27.80)	9	(40.90)	23	(25.80)
Post Graduate	0	(0.00)	0	(0.00)	1	(4.55)	1	(1.10)
Total	31	(100.00)	36	(100.00)	22	(100.00)	89	(100.00)
Income								
< N30,000	21	(61.76)	10	(27.03)	3	(13.64)	34	(36.56)
N30,000-N60,000	13	(38.24)	3	(8.11)	3	(13.64)	19	(20.43)
N61,000-N90,000	0	(0.00)	23	(62.16)	16	(72.72)	39	(41.94)
N91,000-N120,000	0	(0.00)	1	(2.70)	0	(0.00)	1	(1.07)
> N120,000	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)	0	(0.00)
Total	34	(100.00)	37	100.00)	22	(100.00)	93	(100.00)
Occupancy								
Landlord	14	(41.18)	6	(16.67)	9	(39.13)	29	(31.18)
Tenant	20	(58.82)	30	(83.33)	14	(60.87)	64	(68.82)
Total	34	(100.00)	36	(100.00)	23	(100.00)	93	(100.00)

ASSESSMENT OF GENERATOR AUDIT IN THE SELECTED BUILDINGS

The identification and examination of the types of generating sets used by respondents in the buildings sampled is presented in this section. The interrelated issues of the availability of power supply to the buildings; generator audit that focuses on the years of use (age) of the generators, type, ratings of generators used, brand, cost of the use of generators (fuelling) and the capacity of generators to power all appliances used indoor relative to electricity supply by the Ibadan Electricity Distribution Company (IBEDC) are discussed.

RATE OF SUPPLY OF ELECTRICITY BY IBEDC TO BUILDINGS

The study determined rate of supply of electricity to the selected commercial and residential buildings in the study area with a view to using it to power appliances used indoor. The rate of supply of electricity to the buildings sampled is shown in Table 4. There was disproportionate supply of power by IBEDC to the various residential zones in the study area. The result revealed that the average duration of supply of electricity to residential buildings was 4.37, 5.31 and 7.63 hours daily in the core, transition and suburban zones while average daily supply of 4.0, 4.45 and 5.86 hours were found in the core, transition and suburban zone's commercial building's respectively. The result substantiated findings of Baker Institute of Technology (2008), Subair and Oke (2008), World Bank (2005) that most cities in Nigeria rarely had stable power supply from the power authority. Also, according to NERC (2015), the daily supply of power to buildings in the country dropped to an average of 5.86 hours daily. This implies that the dire need of building occupants in residential and commercial buildings in the study area

was significantly affected by the epileptic power supply. It was also found during interview and observation carried out that the time of supply of electricity to both residential and commercial buildings in the study area was never constant and this epileptic nature of power supply informed their dependence on generators as a more reliable form of energy.

The ANOVA test established a variation of $F = 44.599$, $p < 0.05$; $F = 6.380$, $p < 0.05$ for residential and commercial buildings respectively. By implications, the ANOVA test established a significant variation between the average number of hours of availability of electricity to zones and buildings in the study area. Further examination carried out using Duncan Multiple Range Test (DMRT) revealed that there were significant differences in the average rate of supply of electricity in the core, transition and suburban zones through the differences in the mean rate of supply of electricity to buildings across the zones of the study area (Tables 5 and 6). The study also showed that the supply was quite erratic in some zones as it was found that they were not supplied with electricity which made their neighbourhood to be in a state of blackout.

Table 4: Rate of Supply of Electricity by IBEDC to Buildings Sampled

Buildings Sampled	Core Zone Hrs	Transition Zone Hrs	Suburban Zone Hrs
Residential Buildings	4.37	5.31	7.63
Commercial Buildings	4.00	4.45	5.86

Table 5: Duncan Multiple Range Result of Supply of Electricity to Residential Buildings

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
Core Zone	168	4.3750a	1.68006	.12962	2.00	8.00
Transition Zone	136	5.3162b	2.46066	.21100	2.00	12.00
Suburban Zone	123	7.6341c	4.41731	.39830	.00	22.00
Total	427	5.6136	3.22885	.15625	.00	22.00

Note: Alphabets a, b and c indicate significant differences at 0.05 level of significance.

Table 6: Duncan Multiple Range Result of Supply of Electricity to Commercial Buildings

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
Core Zone	34	4.0000a	2.07437	.35575	.00	9.00
Transition Zone	34	4.4559b	2.14040	.36708	1.00	8.00
Suburban Zone	23	5.8696c	1.51671	.31625	3.00	10.00
Total	91	4.6429	2.09137	.21923	.00	10.00

Note: Alphabets a, b and c indicate significant differences at 0.05 level of significance.

YEARS OF USE (AGE) OF GENERATORS IN THE BUILDINGS SAMPLED

The generator audit on the determination of the years of use of generators in the buildings sampled is analysed in this section. It is shown in Table 7 that about 45% of respondents, 61 (46.92%), 56 (45.16%) and 53 (45.30%) in residential buildings of the core, transition and suburban zones respectively had been using their generating sets for an average of 3 years. In the same fold, it was found that across residential buildings of the study area, 45.82% of the respondents had been using their generators for 3 years, 25.88% (2 years), 14.82% (1 year) and 6.74% (4 years). Contrastingly, in the commercial buildings across zones of the study area, 26 (30.95%) of the respondents had been using their generating sets for 2 years, 29.76% (3 years) and 17.86% (1 year). The Chi-square test indicated that there was significant relationship in the years of use of generators in residential and commercial buildings ($\chi^2 = 11.427$, $p = 0.325$; $\chi^2 = 6819$, $p = 0.742$). It was also found during the interview that a large number of the respondents in either residential or commercial buildings across zones of the study area had used different generating sets for an average of 3 years which is comparable to the results of the questionnaires administered. The implication of this is that the dependence of majority of the respondents on generators running for years shows that they run generator economy as found in the works of (Ibitoye and Adenikinju, 2007; Ahmad and Abubakar, 2012; BBC Africa, 2013).

The One-sample binomial test carried out on the years of use of generating sets in residential buildings sampled shown in Table 8 revealed that at P-value of 0.50, there was probability of 0.45 of those that had used their generating sets for 3 years. However, in the commercial buildings, the use of generating sets across the zones for 2 years had probability of 0.31. The

years of use of the generating sets could have implication on the type and brand being procured by the building occupants as alternative source of energy supply.

Table 7: Years of Use (Age) of the Generating Sets

Years of Use (Yrs)	Residential Building				Commercial Building			
	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total
	F	F	F	F	F	F	F	F
	%	%	%	%	%	%	%	%
1 Yr	18 13.85	23 18.54	14 11.97	55 14.82	5 16.13	7 21.21	3 15.00	15 17.86
2 Yrs	36 27.69	28 22.58	32 27.35	96 25.88	9 29.03	8 24.24	9 45.00	26 30.95
3 Yrs	61 46.92	56 45.16	53 45.30	170 45.82	12 38.71	9 27.28	4 20.00	25 29.76
4 Yrs	8 6.15	6 4.84	11 9.40	25 6.74	4 12.90	6 18.18	2 10.00	12 14.29
5 Yrs	4 3.08	9 7.27	2 1.71	15 4.04	1 3.23	2 6.06	2 10.00	5 5.95
> 5 Yrs	3 2.31	2 1.61	5 4.27	10 2.70	0 0.00	1 3.03	0 0.00	1 1.19
Total								
F	130	124	117	371	31	33	20	84
%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Table 8: One-Sample Binomial Test on the Years of Use of the Generating Sets

	Years of Use of Generator	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Residential Buildings	1 Yr	55	.15	.50	.000
	2 Yrs	96	.26		
	3 Yrs	170	.45		
	4 Yrs	25	.07		
	5 Yrs	15	.04		
	> 5 Yrs	10	.03		
	Total	371	1.00		
Commercial Buildings	1 Yr	15	.18	.50	.000
	2 yrs	26	.31		
	3 Yrs	25	.30		
	4 Yrs	12	.14		
	5 Yrs	5	.06		
	> 5 Yrs	1	.01		
	Total	84	1.00		

TYPE OF FUEL AND OUTPUT RATING OF GENERATORS USED BY THE RESPONDENTS

Table 9 showed that 12(9.68%) of respondents in residential buildings in the suburban zone used diesel engine generators while 9(6.37%) and 4(2.94%) in transition and core zone respectively used it. This indicated that socio-economic level of the respondents in the suburban zone which was significantly higher than respondents in other zones' residential buildings accounted for this prevalence. As depicted in Table 9, petrol engine generators were significantly used by 132(97.06%), 133(93.66%) and 112(90.32%) of respondents in residential buildings in the core, transition and suburban zone respectively. It was found that various brand of petrol engine generators were procured by the respondents for their use in the residential

buildings. The results of the Chi-square tests revealed that there was a significant association between the type of fuel of generating sets used in the residential zones and occupancy status of the respondents in Ibadan ($\chi^2 = 19.009$, $p < 0.001$).

However, diesel engine generating set was partly used in the transition zone by 4(15.38%), while 2(5.71%) and 1(4.55%) of respondents in the core and suburban zone's commercial buildings respectively. A large proportion of respondents in the study area, 33(94.28%), 22(84.62%) and 21(95.45) in the core, transition and suburban zone respectively of the commercial buildings used petrol engine generators. It was found that fair compliance with environmental laws which stipulated types of equipment used by building occupants that could generate noise informed why the use of diesel engine and higher output ratings generators by respondents in commercial buildings in the suburban zone was much more reduced.

The one-sample binomial test revealed that at a 2-tailed significance level, there was significant probability of the use of petrol engine generators in either residential buildings (0.94) or commercial buildings (0.92) in the study area (Table 10). Largely, the findings of the study showed significant and wide use of petrol engine generators in both residential and commercial buildings across zones of the study area and the paltry use of diesel engine generators was dependent on the socio-economic level of the respondents based on its economy of use. These findings were in line with BBC Africa (2013) which concluded that more than 60% of businesses in Nigeria depend on generators. Also, Tyler (2002) in his study found that 96 to 98% of outlets in the country have private generators used as alternative source of power supply. From these, there was wide use of various types of generators and thus underpinning the statement, that many geographical locations in the country run "generator economy".

Table 9: Type of Fuel of the Generators Used in the Buildings

Type of Fuel of the Generator Used by the Respondent		Residential Building				Commercial Building			
		Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total
		F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)
Petrol	F	132	133	112	377	33	22	21	76
	%	97.06	93.66	90.32	93.78	94.28	84.62	95.45	91.57
Diesel	F	4	9	12	25	2	4	1	7
	%	2.94	6.37	9.68	6.22	5.71	15.38	4.55	8.43
Total	F	136	142	124	402	35	26	22	83
	%	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Table 10: One-Sample Binomial Test on the Type of Generating Sets Used in the Buildings

	Type of Generator	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Residential Buildings	Petrol	377	.94	.50	.000
	Diesel	25	.06		
	Total	402	1.00		
Commercial Buildings	Petrol	76	.92	.50	.000
	Diesel	7	.08		
	Total	83	1.00		

The respondents were asked to indicate output rating of their generating sets based on the standardized ratings and classifications that existed in the sales outlet during the preliminary survey. The findings on this are contained in Table 11. The respondents in the suburban residential buildings, 54(47.79%), significantly used petrol generating sets of rating limits (2.8-5.5 KVA) than those in other zones and the use of diesel engine generators was also most prominent than what obtained in the other two zones (Table 11). However, the study also revealed that respondents in commercial buildings in the transition zone (31.57%) significantly used generating sets of rating (2.8 -5.5 KVA), (21.21%) in the core zone and (31.57%) in the suburban zone respectively. The rate of usage of diesel engine generators was also most prominent in the transition zone than other zones (Table 11). This implied that output rating of the generators used in the transition zone was significantly higher than those of other zones and this would have much relationship with the likely use of generating sets by the respondents. The Chi-square test indicated that there was significant relationship in the ratings of petrol and diesel engine generators used in the buildings ($\chi^2 = 82.048$, $p < 0.001$; $\chi^2 = 30.857$, $p < 0.001$).

Table 11: Ratings of Generators Used by the Respondents

Ratings of the Generator	Residential Building				Commercial Building			
	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total
KVA	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)
Petrol Engine (KVA)								
0.65 - 1.2	102 60.36	40 29.63	8 7.08	150 35.97	14 42.42	5 14.71	8 42.11	27 31.40
1.2 – 2.8	53 31.36	54 40.00	51 45.13	158 37.89	12 36.36	14 4.18	5 26.32	31 36.05
2.8 – 5.5	14 8.28	41 30.37	54 47.79	109 26.14	7 21.21	15 44.11	6 31.57	28 25.55
Total	169 100.00	135 100.00	113 100.00	417 100.00	33 100.00	34 100.00	19 100.00	86 100.00
Diesel Engine (KVA)								
7.5 – 10	1 100.00	5 83.33	13 92.86	19 90.48	2 100.00	4 100.00	1 100.00	7 100.00
10 – 15	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00
15 – 20	0 0.00	1 16.67	1 7.14	2 9.52	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00
> 20	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00
Total	1 100.00	6 100.00	14 100.00	21 100.00	2 100.00	4 100.00	1 100.00	7 100.00

The one-sample binomial test (Table 12) also indicated that there was significant probability (0.68) of the use of petrol engine generators of 0.65-1.2 KVA in the core zone (0.34) of 1.2-2.8 KVA in the transition zone and (0.49) of 2.8-5.5 KVA in the suburban zone's residential building's respectively. The observed probability of the use of various output ratings of petrol engine generators in residential and commercial buildings sampled was 0.95 and 0.92 respectively while diesel engine generators had 0.05 and 0.08 respectively.

Table 12: One-Sample Binomial Test on the Output of Types of Generating Sets

		Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Residential Buildings	Group 1	Petrol	417	.95	.50	.000
	Group 2	Diesel	21	.05		
	Total		438	1.00		
Commercial Buildings	Group 1	Petrol	86	.92	.50	.000
	Group 2	Diesel	7	.08		
	Total		93	1.00		

BRAND OF GENERATORS USED BY THE RESPONDENTS

As shown in Table 13, it was found that in residential buildings in the core zone, a large number of the residents 32(24.06%) used Tiger brand, 23(17.29%) used Elemax brand, while in the transition zone, a sizeable number of the respondents, 29(22.14%) used Elemax brand followed by Tigmax brand 27(20.61%). However, in the suburban zone of the study area, an almost similar result was found with a large proportion of the respondents 26(22.03%) used Elemax brand and closely followed by 24(20.34%) that used Elepaq brand of generator set. In another fold, in the commercial buildings of the study area, an almost similar result was obtained. Table 13 showed that respondents of commercial buildings in the core

zone of the study area, 14(45.16%) used Tiger brand of generator, in the transition zone, a sizeable number 9(27.27%) used Tigmax brand while in the suburban zone, Tigmax brand was used mostly by 5(22.71%) of the respondents.

Thus, as shown in Table 13, in the residential buildings across zones of the study area, Elemax brand of generator was largely used by the respondents 78(20.42%), followed by 65(17.01%) that used Tiger brand of generator. However, in commercial buildings across zones of the study area, a sizeable number of the respondents, 23(26.74%) used Tiger brand of generator. The brand of generators procured and used by the respondents in either residential or commercial buildings of the study area was found to depend largely on their perception about their failure rate and efficiency and this informed the variation in the brand used. The Chi-square test indicated that there was significant relationship in the brand of generators used in residential and commercial buildings ($\chi^2 = 30.803$, $p = 0.06$; $\chi^2 = 21.171$, $p = 0.271$). In view of the procurement and use of different brand of generating sets by the respondents, the result of this study substantiated findings of Ahmad and Abubakar, 2012 and World Bank, 2005 that the country is a market hub for generating sets evident in the importation of different types and make of generating sets massively used by the populace in the face of poor power supply.

Table 13: Brand of Generating Sets Used in the Buildings Sampled

Brand of Generating Sets		Residential Building			Total	Commercial Building			Total
		Core Zone F %	Transition Zone F %	Suburban Zone F %		Core Zone F %	Transition Zone F %	Suburban Zone F %	
Yamaha	5	2	2	9	0	0	0	0	
	3.76	1.53	1.69	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	
Thermocool	4	3	8	15	0	2	1	3	
	3.00	2.29	6.79	3.93	0.00	6.06	4.55	3.49	
Honda	9	2	4	15	1	2	2	5	
	6.78	1.53	3.39	3.93	3.22	6.06	9.09	5.81	
Tiger	32	17	16	65	14	5	4	23	
	24.06	12.98	13.56	17.01	45.16	15.16	18.18	26.74	
Tigmax	14	27	12	53	8	9	5	22	
	10.53	20.61	10.17	13.87	25.82	27.27	22.71	25.58	
Elemax	23	29	26	78	3	1	4	8	
	17.29	22.14	22.03	20.42	9.68	3.03	18.18	9.30	
Elepaq	15	19	24	58	4	7	2	13	
	11.28	14.50	20.34	15.18	12.90	21.21	9.09	15.12	
Sumec	12	14	8	34	1	4	1	6	
	9.02	10.68	6.78	8.90	3.22	12.12	4.55	6.98	
Firman	7	3	7	17	0	2	1	3	
	5.26	2.29	5.93	4.45	0.00	6.06	4.55	3.49	
Lutian	5	6	5	16	0	1	1	2	
	3.76	4.58	4.24	4.19	0.00	3.03	4.55	2.33	
Imex	7	9	6	22	0	0	1	1	
	5.26	6.87	5.08	5.76	0.00	0.00	4.55	1.16	
Total	F	133	131	118	382	31	33	22	86
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

The one-sample binomial test based on the 2-tailed level (Table 14) also indicated that there was significant probability (0.20) of the use of Elemax brand of generating sets in the residential buildings. It was followed by Tiger brand with probability (0.17) and Elepaq (0.15). However, in the commercial buildings, there was significant probability of the use of Tiger brand with significant probability (0.26), Tigmax (0.25) and Elepaq (0.15). The implication of this result is that various types of brand of generating sets were used in the buildings sampled that could be based on their perception of the failure patterns and level of efficiency. The result of this study based on the procurement and use of different brand of generating sets is in line with past works of World Bank (2005) that various types and make of generators were used by well over 90% occupants of different buildings in Nigeria.

Table 14: One-Sample Binomial Test on the Brand of Generating Sets Used

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Residential Buildings	Group 1 Elemax	78	.20	.50	.000
	Group 2 Tiger	65	.17		
	Group 3 Elepaq	58	.15		
	Σ(Other Brand)	181			
	Total	382	1.00		
Commercial Buildings	Group 1 Tiger	23	.26	.50	.000
	Group 2 Tigmax	22	.25		
	Group 3 Elepaq	13	.15		
	Σ(Other Brand)	28			
	Total	86	1.00		

COST OF THE USE OF GENERATORS

Table 15 showed economy of the use of generating sets by respondents in the study area when the price of petrol was fixed at 87 naira per litre in the country before the sudden increase in its price due to scarcity and further deregulation of the petroleum sector by the federal government which led to higher increase in its price. A large proportion of respondents, 81(66.39%) in the suburban residential buildings spent between 5,100 to 7000 naira monthly on the cost of fuelling their generators. A contrast in the economy of use was found among respondents in the core zone as 117(66.86%) and 53(30.29%) of the respondents spent up to 1000 naira and between 1,100 to 3000 naira monthly respectively, while majority of respondents, 97(70.80%) in the transition zone spent between 1,100 to 3,000 naira monthly. It was also found that the mean amount spent on the fuelling of generators were 1,450, 2,955 and 5,975 naira in the core, transition and suburban zone respectively. This also revealed that the income level of respondents influenced how they lived in the suburban zone by using generating sets of higher output ratings and more appliances than those living in other zones. Similarly, the result showed that respondents in commercial buildings in the transition zone spent significantly higher than those in other zones across the study area on the fuelling of their generators with a mean amount of 3,994 naira followed by respondents in the core and suburban zone with a mean amount of 3,152 and 1,821 naira respectively. This was traced to the level of commercial activities that respondents in the transition zone used their generating sets for relatively.

Table 15: Cost of the Use of Generators

Amount Spent (Naira)	Residential Building				Commercial Building			
	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total	Core Zone	Transition Zone	Suburban Zone	Total
	F	F	F	F	F	F	F	F
	%	%	%	%	%	%	%	%
≤ 1,000	117 66.86	31 22.63	0 0.00	148 34.10	2 5.88	1 2.78	0 0.00	3 2.23
1,100 - N3,000	53 30.29	97 70.80	6 4.92	156 35.95	25 73.53	11 30.55	16 69.56	52 55.92
N3,100 – N5,000	4 2.29	9 6.57	26 21.31	39 8.99	7 20.59	23 63.89	6 26.09	36 38.71
N5,100 – N7,000	1 0.56	0 0.00	81 66.39	82 18.89	0 0.00	0 0.00	1 4.35	1 1.07
N7,100 – N9,000	0 .00	0 0.00	9 7.38	9 2.07	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00
> N9,100	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	1 2.78	0 0.00	1 1.07
Total F	175	137	122	434	34	36	23	93
%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Past studies on the economy of using generator either at institutional or household level were significantly congruent with the findings of this study. FGN (2014) opined that the Federal Government of the country spent appropriated large sum of money in fuelling generators in its various ministries, departments and agencies. In the same vein, NOI Polls (2015) found that the use of generators subjected households to financial burden as opposed to direct supply from power distributing companies (DISCOs). This indicated that the dependence on various generating sets by building occupants seemingly caused financial stress for the users and which would be higher in the face of galloping prices of petroleum products between N145 to N250 per litre when there was scarcity and deregulation of the downstream sector of petroleum industry.

CAPACITY OF THE GENERATORS USED IN POWERING APPLIANCES

The respondents were asked to indicate capacities of their generators to power at a moment, all the electrical appliances used in their buildings when compared with the time that they used to get normal supply of electricity from IBEDC. The study revealed that in the residential buildings, 25(23.36%) of generating sets of respondents in the suburban zone had capacities to power all their appliances when compared with the full supply of voltage of electricity from IBEDC as shown in Table 16. Majority of the respondents, 107(70.40%), 61(67.03%) and 82(76.64%) in the core, transition and suburban zone respectively as 250(71.43%) in all zones could not use their generating sets to power all their appliances when compared with the supply of electrical energy of adequate voltage to their buildings. The results of the Chi-square tests carried out, ($\chi^2 = 332.994$, $p < 0.001$) revealed that there was significant relationship between the capacity of generating sets and the appliances that they could power. These results further substantiated the position ascribed to the country in being a generator-economy nation because dependence of the respondents on varying capacities of the available generators had not been able to give building occupants the much needed satisfaction as an alternative power supply in the face of the current epileptic power supply. However, in the commercial buildings, the result revealed that a significant proportion, 25(96.15%), 19(90.48%) and 16(94.12%) of respondents in the core, transition and suburban zone respectively indicated that their generating sets could power the basic equipment/appliances used for their commercial activities. This implied that the power inputs of their appliances were within the output ratings of the generating sets used.

Table 16: Capacity of Generating Sets in Powering All Electrical Appliances Used

Residential Building Sampled	Response on Capability of Generating Sets to Power All Appliances			Total F %	Commercial Building Sampled	Response on Capability of Generating Sets to Power All Appliances				Total F %	
	Yes	(%)	No			(%)	Yes	(%)	No		(%)
Core	45		107		152	Core	25		1		26
	29.60		70.40		100.00		96.15		3.85		100.00
Transition	30		61		91	Transition	19		2		21
	32.97		67.03		100.00		90.48		9.52		100.00
Suburban	25		82		107	Suburban	16		1		17
	23.36		76.64		100.00		94.12		5.86		100.00
Total	100		250		350	Total	60		4		64
	28.57		71.43		100.00		93.75		6.25		100.00

4 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The study showed that inadequate supply of electricity informed the wide use of electric power generators by respondents in the study area. It also showed that variation in the socio-economic characteristics of the respondents such as level of income, educational, occupancy and employment status influenced the variation in the type, rating, brand and economy of the generating sets used. The mean rate of supply of electricity by the Ibadan Electricity Company (IBEDC) during the course of the study to residential buildings in the core, transition and suburban zone respectively were 4.37 hours, 5.31 hours and 7.63 hours daily. The reduced rate in the average hours of supply power by the Ibadan Electricity Distributing Company (IBEDC) to the residential and commercial buildings sampled in various zones of the study area informed the wide use of generating sets in buildings.

The generator audit carried out in both residential and commercial buildings across zones of the study area reflected sharp variation in the types, output ratings and brand of generating sets used by the respondents. From the results obtained, 47.79%, of respondents in the residential buildings in the suburban zone used generating sets that were of higher output

- [1] Adedokun, O.A., Akinradewo, F.O., Adegoke, J.O. and Abiola-Falemu, J.O. (2011). Evaluation of the Performance of the National Housing Food Scheme Towards Housing Delivery in Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, Vol.2, No. 6, pp. 467-471.
- [2] Adigun, F.O. (2013). Residential Differentials in Incidence and Fear of Crime Perception in Ibadan. *Research on Humanities and Social Sciences*, Vol. 3, No. 10, pp. 96-104.
- [3] Afon, A.O. (2008). Intra-Urban Variation in Solid Waste Storage Practice in Nigerian Traditional City: The Case of Ogbomosho. *Journal of The Nigerian Institute of Town Planners*, Vol. XXI, No. 1, pp. 104-129.
- [4] Ahmad, M.T. and Abubakar, H. (2012). Economic Implications of the Use of Generators as Alternative Energy Source of Energy in Kano Metropolis, Nigeria. *International Journal of Research in Commerce, Economics and Management*, Vol. 2, No. 2, pp. 28-33.
- [5] Ana, G., Olowolade, A.T., Abimbola, A.F., Ige, O. and Nriagu, J.O. (2014). Generator Emissions Profile and the Lung Function Status of Workers within Selected Small-Scale Business Premises in Ibadan, Nigeria, *Global Health Perspectives*, <http://dx.doi.org/10.5645/ghp2014.02.003>.
- [6] Awofeso, N. (2011). Generator Diesel Exhaust: A Major Hazard to Health and the Environment in Nigeria. *Amer J Respiratory Critical Care Med*, 183, pp. 11437-1438.
- [7] Ayeeni, B. (1994). *The Metropolitan Area of Ibadan, its Structure and Growth*, In: Filani, M.O., Akintola, F.O. and Ikporukpo, C.O. (eds) Ibadan Region. Rex Charles Publications, Ibadan, pp.72-84.
- [8] Babies, E. (2005). *The Basics of Social Research*, 3rd Edition, Belmont, C.A., USA, Thomson Wordsworth Learning.
- [9] Baker Institute Energy Forum (2008). *Poverty, Energy and Society*: <http://www.nice.edu/energy/research/poverty> and <http://www.nice.edu/energy/index.html>. Accessed on 13/04/2015.
- [10] British Broadcasting Corporation- Africa (2013). *Shame: More than 60 Million People Own Generators in Nigeria*. In a Report of Tomi Oladipo, November, 22.
- [11] Blalock, H.M. (1969). *Social Statistics*. New York, McGraw-Hill.
- [12] Esan, E.O. and Okafor, R.O. (1995): *Basic Statistical Methods*, ISBN-978-33180-0-4, Lagos
- [13] Faniran, G.B. (2012). *Residents' Perception of the Monthly Environmental Sanitation in Ibadan, Nigeria*. An Unpublished M.Sc. Thesis, Department of Urban and Regional Planning, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.
- [14] Federal Government of Nigeria (FGN) (2009). *Federal Republic of Nigeria Official Gazette*, Legal Notice on the Publication of 2006 Census Final Results, pp. B1-B39.
- [15] Federal Government of Nigeria (FGN) (2014). *2014 Budget Proposal Details*, Budget Office of the Federation, Federal Republic of Nigeria, Abuja.
- [16] Gross, C.A. (1986). *Power System Analysis*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 64-65.
- [17] Ibitoye F.L. and Adenikinju, A. (2007). Future Demand for Electricity Supply in Nigeria. *Journal of Applied Energy*, 84, pp. 492-504.
- [18] Idiata, D.J., Omoruyi, F.O., Agbonalor, N.N. and Ohonba, S.U. (2007). Environmental Effects of Fossil Fuel Usage. *The Nigeria Academic Journal*, Vol. 13, No. 2.
- [19] Komolafe, A. (2011). *Availability of Generators for Electricity Supply to Selected Large Residential and Office Buildings in Kaduna and Abuja*, Nigeria. An Unpublished M.Sc. Thesis Submitted to the Department of Building, Faculty of Environmental Design, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- [20] Mabogunje, A.L. (1968). *Urbanization in Nigeria*, University of London Press, London.
- [21] Mabogunje, A.L. (2007). *Developing Mega Cities in Developing Countries*. Geography Students Colloquium, University of Lagos.
- [22] National Electricity Regulatory Commission (2015). Hardship as Power Supply Drops to Six Hours Daily, Federal Republic of Nigeria, www.vanguardngr.com/hardship, 2 December.

- [23] NOIPolls (2015). *A Report of the NOIPolls Limited: Power Supply to Nigerians Averages 4.9 hours Daily*. www.moi-polls.cm/root, Accessed on August, 20, 2015
- [24] Onyegebu, S.O. (2003). *Renewable Energy Potentials and Rural Energy Scenario in Nigeria*. In: Renewable Energy for Rural Industrialization and Development in Nigeria, Yumkella, K.K., Tommy, D.D., Thomas, J.M. and Garba, B. (Eds.). United Nations Industrial Development Organization, Austria, pp. 5-15.
- [25] Oyo State Independent Electoral Commission (2013). *Political Wards in Ibadan*. www.oysiec.org, Accessed on 11/8/2014.
- [26] Pabla, A.S. (2003). *Electric Power Distribution*, Fourth Edition, Sixth Reprint, Tata McGrawHill Publication Ltd., New Delhi, pp. 35-37.
- [27] Singleton, R. Jr., Straits, B.C., Straits, M.M., and McAllister, R.J. (1988). *Approaches to Social Research*, Oxford University Press, New York, Oxford University Press, p.515.
- [28] Sonibare, J.A., Jamiu, A.A., Bamidele, S.F., Ismaila, O.L., Lukuman, A.J., and Olusesan, A.A. (2014). Ambient Noise from Off-Grid Diesel Engine Electric Power Generators in an Urban Environment. *International Journal of Management of Environmental Quality*, Vol. 25, No. 2, Uk, pp. 185-199.
- [29] Steer, A., Stern, R., Bond, J., Watson, R., Georgia, R. and Raczykia, A. (2000). *Fuel for Thought: An Environment Strategy for the Energy Sector*, The World Bank, Washington D.C., USA, ISBN. 978-0-8213-4599-3.
- [30] Subair, K. and Oke, D.M. (2008). Privatization and Trends of Aggregate Consumption of Electricity in Nigeria: An Empirical Analysis. *African Journal of Accounting, Economics, Finance and Banking Research*, Vol. 3, No. 3, 2008.
- [31] Tyler, G. (2002). Public and Private Electricity Provision as a Barrier to Manufacturing Competitiveness: *Africa Region Findings*, World Bank, March, <http://www.worldbank.org/afr/findings/english/find221.pdf>
- [32] Wojuade, C.A. (2012). *Evaluation of Accessibility to Social and Economic Activities in Ibadan, Nigeria*. Unpublished Ph.D Thesis Submitted to the Department of Urban and Regional Planning, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.
- [33] World Bank (2005). Energy Sector Management Assistance Programme in Nigeria: Expanding Access to Rural Infrastructure: Issues and Options for Rural Electrification, Water Supply and Telecommunications, *The International Bank for Reconstruction and Development*, Washington D.C., USA.

Caractérisation qualitative et quantitative des eaux usées de la ville Aïn Taoujdate (Maroc) et impact sur le fonctionnement de la station d'épuration de type lagunage

[Qualitative and quantitative characterization of wastewater of the Aïn Taoujdate city (Morocco) and the impact on the functioning of the lagoon-type wastewater treatment plant]

A. Bouhlal, A. Chahlaoui, and J. Bouzid

Equipe de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Laboratoire d'Environnement et Santé,
Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study had the main objective, the quantitative and qualitative characterization of the raw wastewater of STEP Aïn Taoujdate (Morocco) in term of debit and of concentration of the parameters of pollution (TSS, COD and BOD5) which correspond to some given by entries essential for purification processes. On this base, a monthly monitoring in the order of sample a month during 2012, on 2013 and 2014. Also, the medium stocks in 2012 is in the order of 1230 m³ / j (debit), 408 mg / l (TSS), 969 mgO₂ / l (COD) and 528 mgO₂ / l (BOD5); in 2013, is in the order of 1930 m³ / j (debit), 387 mg / l (TSS), 902 mgO₂ / l (COD) and 503 mgO₂ / l (BOD5) and in 2014, is in the order of 1859 m³ / j (debit), 475 mg / l (TSS), 1054mgO₂ / l (COD) and 491 mgO₂ / l (BOD5). Also, this station works in hydraulic load exceeding the reference debit of STEP (1500 m³ / j) with Concentrations of pollutants in the order of 13755 EH (population equivalent) exceeding the maximum theoretical pollutant load for which the station was designed (13330 EH) and make sign sometimes of a sub-capacity of the system of treatment.

KEYWORDS: wastewater, WWTP, pollution, hydraulic load, population equivalent (PE).

RÉSUMÉ: La présente étude avait l'objectif principal, la caractérisation quantitative et qualitative de l'eau usée brute de la STEP Aïn Taoujdate (Maroc) en terme de débit et de concentrations de paramètres de pollution (MES, DCO et DBO5) qui correspondent à certaines données d'entrées essentielles aux processus épuratoires. Sur cette base, un suivi mensuel de l'ordre d'un prélèvement par mois durant les années 2012, 2013 et 2014. Aussi, les valeurs moyennes enregistrées en 2012 est de l'ordre de 1230 m³/j (débit), 408 mg/l (MES), 969 mgO₂/l (DCO) et 528 mgO₂/l (DBO5) ; en 2013 est de l'ordre de 1930 m³/j (débit), 387 mg/l (MES), 902 mgO₂/l (DCO) et 503 mgO₂/l (DBO5) puis en 2014, est de l'ordre de 1859 m³/j (débit), 475 mg/l (MES), 1054 mgO₂/l (DCO) et 491 mgO₂/l (DBO5). Par ailleurs, cette station fonctionne en charge hydraulique en 2013 et 2014 dépassant le débit de référence de la STEP (1500 m³/j) avec des concentrations de polluants de l'ordre de 13755 EH (équivalent habitant) dépassant la charge polluante théorique maximale pour laquelle la station a été conçue (13330 EH) et qui font signe parfois d'une sous-capacité du système de traitement.

MOTS-CLEFS: eaux usées, STEP, pollution, charge hydraulique, équivalent habitant (EH).

1 INTRODUCTION

Au Maroc, la vulnérabilité de l'eau exacerbée par le changement climatique[1], les effets combinés de la croissance démographique, de l'expansion des villes, l'intensification de l'exploitation des ressources en eaux pour combler les besoins urbains, agricoles et industriels entraîneront une hausse exponentielle de la demande en eau, [2-3] alors que l'offre de la

ressources deviendra irrégulière et incertaine. Pour ces raisons, l'eau revêt une importance majeure à l'échelle nationale et confère au Maroc, une spécificité régionale.

Par ailleurs, la gestion durable et la protection de cette ressource en eau sont devenues un souci primordial depuis longtemps [4-5-6]. Aussi, le lancement assez rapide du Maroc vers le traitement des eaux usées [7-8] est parmi les solutions adopter pour faire face à la pollution et à la pénurie de l'eau [9-10-11-12]. En effet, les caractéristiques de l'eau brute en terme de débit et de concentrations correspondent à certaines données d'entrées essentielles aux processus épuratoires. Les concentrations, entre autres paramètres, servent donc de données de base pour le suivi des performances épuratrices et le réglage du processus en cours d'exploitation. Dans cette nouvelle vision, le présent article consiste à la caractérisation physicochimique des eaux usées d'origine urbaine de la ville Aïn Taoujdade (Région Fès-Meknès) en termes de polluants ainsi que son impact sur le fonctionnement et le rendement épuratoire de la station d'épuration de type lagunage naturel.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La ville d'Aïn Taoujdade se situe dans la province d'El hajeb (Maroc) et précisément dans la plaine du Saïss, entre Meknès et Fès, à environ 50 km de Meknès et 20 km de Fès sur la route secondaire RS310 reliant la ville d'El hajeb au centre M'haya (Fig 1). Elle est le chef-lieu du cercle portant le même nom, et elle s'étend sur une superficie de 270 ha environ. La ville était délimitée depuis 1981 par décret n°579-81-2 puis érigé en Municipalité depuis le dernier découpage administratif de 1992. Elle se trouve à une altitude moyenne d'environ 450 m. Elle appartient à la Région Fès-Meknès (Fig 1). Cette situation lui confère une position géographique favorable, les coordonnées lambert moyenne d'Aïn Taoujdade sont les suivantes : X= 517 400 m Y= 371 150 m Z= 465 m NGM. La population de la ville d'Aïn Taoujdade d'après le dernier recensement de 2014 était de 28 288 habitants. Actuellement, elle est estimée actuellement à 30 000 habitants. L'activité économique est principalement liée à l'agriculture et au secteur agro-alimentaire avec la présence de deux huileries importantes et une conserverie de produits agricoles.

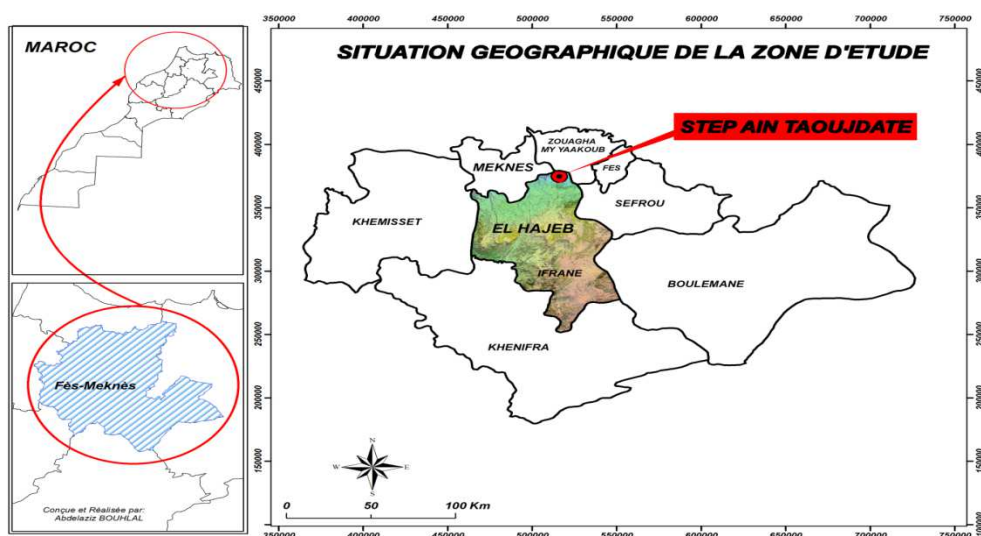


Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude

2.2 PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES DES EAUX USÉES

Les échantillons des eaux usées destinées à l'analyse sont prélevés mensuellement depuis les années 2012, 2013 et 2014) à l'entrée de la station selon un mode d'échantillonnage composite sur 24 heures (Norme ISO 5667-2-1991) tenu de la nature hétérogène des eaux usées souvent agressifs et contenant, en quantités très variable des matières en suspension (organiques et minérales). Les mesures de débit sont relevées de façon indirecte à l'entrée de la station en canal jaugeur ouvert appelé venturi qui consistant en une mesure de la hauteur d'eau (norme ISO 4329-1986). Les échantillons ont été prélevés, conditionnés, transportés, suivant les méthodes d'échantillonnage en vigueur [13]. Les différents paramètres physico-chimiques analysés au niveau du laboratoire sont : les MES, la DCO, la DBO5. Ces paramètres ont été mesurés et/ou analysés suivant les méthodes d'analyses en vigueur (tableau 1).

Tableau 1 : Méthodes utilisées dans le laboratoire d'analyse

Paramètres	Normes
MES	NM 03.7.052-1996
DBO5	NM ISO 03.7.056
DCO	NM0.3.7.27
Débit	ISO 4329-1986

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats qualitatifs et quantitatifs détaillés obtenus lors des campagnes d'échantillonnages sont présentés au niveau des figures (2, 3, 4 et 5):

3.1 DÉBIT

Le débit consommé au cours de la journée est restitué sous forme d'eaux usées n'est pas constant. En réalité, elle recouvre un problème d'une extrême complexité. Aussi, La charge hydraulique moyenne de la station constitue un paramètre qui ne peut pas s'analyser isolément car la charge hydraulique dépend considérablement des conditions météorologiques des jours précédents la mesure. En effet, les mesures dont nous disposons pendant les années d'études montre des variations saisonnières, il augmente en période très chaude. Aussi, nous enregistrons des variations moyennes très distinctives d'une année à l'autre : 1230 m³/j(en 2012), 1912 m³/j (en 2013) et 1859 m³/j (en 2014) à l'exception de l'année 2012 où le débit enregistré est plus ou moins stable. Ces variations de débit sont étroitement liées aux exodes, surtout le centre Aïn Taoujdade est connu par l'agriculture, l'agro-industrie (grand unité industriel Lousra de trituration d'olive et de grenions) et le commerce. Parfois le débit de référence de la STEP (1500 m³/j) est dépassé.

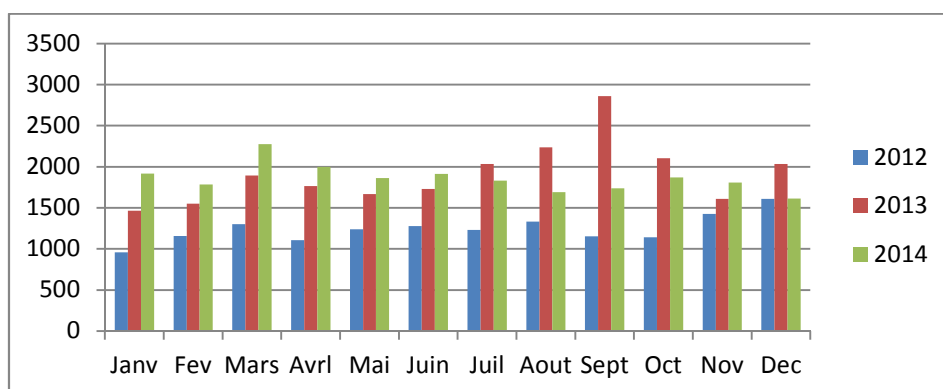


Figure 2. Débit à l'entrée de la STEP Aïn Taoujdade sur la période 2012-2014

3.2 MATIÈRE EN SUSPENSION TOTALES (MG/L)

La matière en suspension totales (MES) est déterminée selon une technique de filtration. Dans notre étude, nous avons utilisé un filtre de fibre de verre borosilicate préalablement pesé pour la filtration de 50 mL d'eaux usées. Le résidu est séché à 105 C° puis pesé de nouveau. Le poids des solides en suspension est obtenu par la différence entre le poids avant et après le séchage. Les résultats sont exprimés en mg/l.

Les concentrations médianes de MES des affluents d'Aïn Taoujdade mesurées durant les années d'études (Figure 5) sont respectivement 408, 387 et 475 mg/l. Les variations des concentrations en MES reflètent les différentes activités de la journée. Les particules en suspension dans les eaux usées urbaines sont en majorité organiques [14], avec des teneurs en MVS de 70 à 80 %. Nos résultats indiquent un apport d'eau domestique.

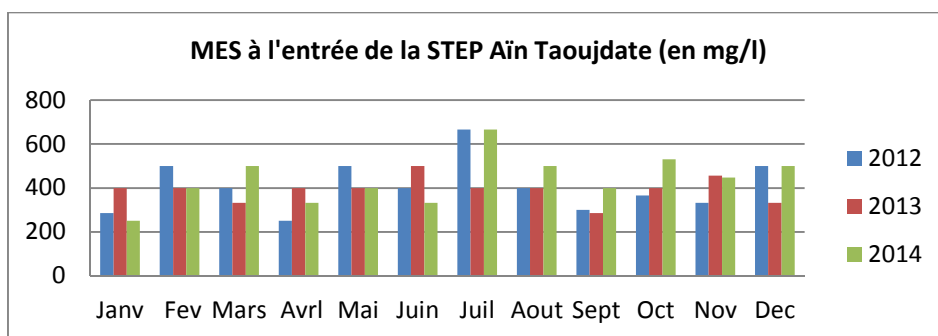


Figure 3. Matière en suspension totales (mg/l) sur l'entrée de la STEP Aïn Taoujdate

3.3 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGÈNE (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) en 5 jours à 20 °C et à l'obscurité, représente la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par les bactéries aérobies pour décomposer la matière organique biodégradable (Servais et al., 1987 ; Servais et al., 1989) présente dans l'eau usée.

Matière organique + Bactéries aérobies + O₂ → Matière minérale + Biomasse + CO₂ + H₂O + Energies

La quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 300ml, relié à un manomètre à mercure fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (Oxytop). Le volume choisi est en fonction de la gamme de mesure souhaitée.

Le niveau de DBO d'un échantillon dépend de la quantité de matière organique présente, qui peut considérablement varier [15]. Le système de mesure de la DBO OxiDirect de Lovibond est de ce fait étalonné pour différents volumes d'échantillon et les gammes de mesure correspondantes sont précisées dans le Tableau 2. La gamme de mesure complète du système s'étend de 0 à 1500 mgO₂/L. Pour toutes les gammes de mesure, la DBO est directement exprimée en mgO₂/L.

Tableau 2 : Gammes de mesure de la DBO5 et volumes d'échantillon recommandés par le fabricant.

Gamme DBO (mgO ₂ /L)	Volume échantillon (mL)
0 – 40	428
0 – 80	360
0 – 200	244
0 – 400	157
0 – 800	94
0 – 2000	56

L'appareil de mesure est placé dans un incubateur réfrigéré à 20°C ; Ensuite en fonction de temps on suit la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air. On procédera enfin à la correction de la mesure par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevé et de la gamme de mesure souhaitée.

L'oxydation des matières organiques provoque la formation de CO₂ qui sera piégé par une solution de KOH. Ainsi se développe une dépression dans la bouteille. L'adjonction de l'allyle 2thio-urée (C₄H₈N₂S) permet d'inhiber la nitrification car l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates absorbe également l'oxygène. Cette amine joue un rôle d'inhibiteur. La valeur réelle est calculée comme suit :

DBO₅ (mg d'O₂/l) = valeur Lue * Facteur de conversion

Les concentrations moyennes enregistrées durant la période d'étude sont (Figure 6) :

528 mgO₂/L (en 2012), 503 mgO₂/L (en 2013) et 491 mgO₂/L (en 2014) pour la DBO₅. Ces concentrations sont généralement homogènes et faibles, à l'exception du mois de Mars en 2012, la valeur de DBO₅ mesurée est de 820 mg/l. Elles sont supérieures aux celles mesurées à l'entrée de cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia-Ouardigha au Maroc [16].

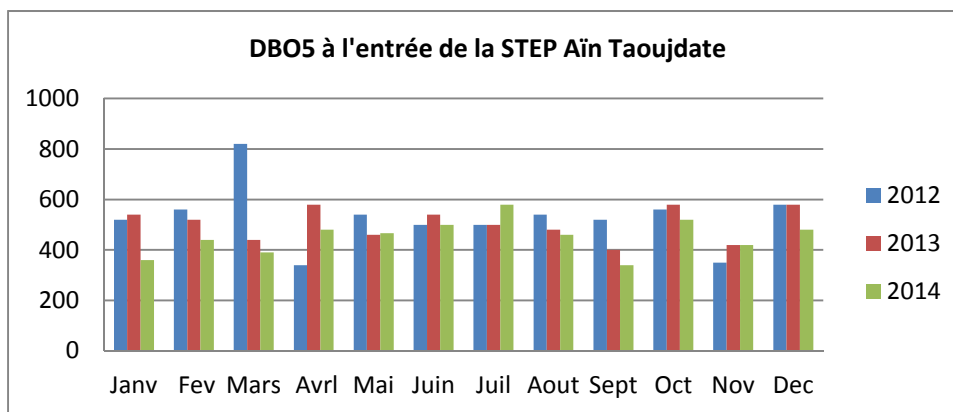


Figure 4. Demande biochimique en oxygène : DBO5 (mg/l) sur l'entrée de la STEP Aïn Taoujdate

3.4 DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO)

Elle représente l'ensemble de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures,...) et la majeure partie des composés organiques. Elle est, exprimée en milligramme par litre d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension. Elle permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Pour déterminer ce paramètre, une prise d'essai de l'échantillon est portée à l'ébullition dans un réacteur à DCO pendant 2 heures à 120°C, en présence d'une quantité connue de dichromate de potassium, le sulfate d'argent jouant le rôle d'un catalyseur d'oxydation, le sulfate de mercure (II) permettant de complexer les ions chlorures. La détermination de l'excès de dichromates se fait avec une solution titrée de sulfate de fer (III) et d'ammonium. Après refroidissement la DCO a été mesurée à l'aide d'un photomètre à une longueur d'onde de 620 nm suivant la norme ISO 15705.

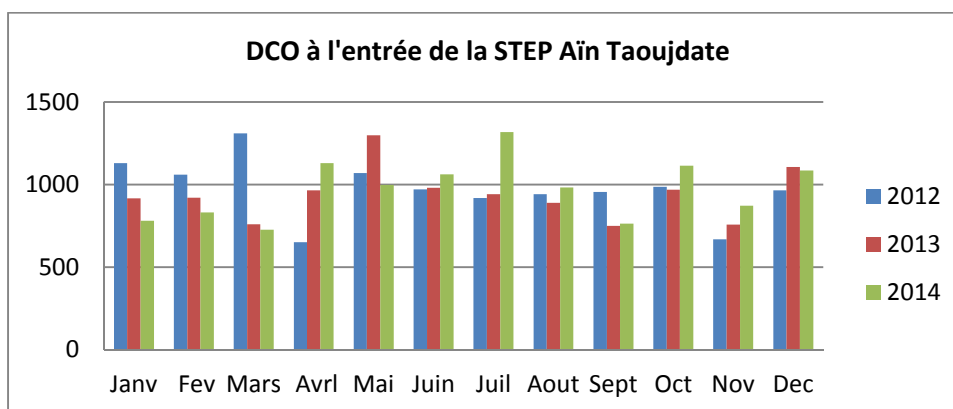


Figure 5. Demande chimique en oxygène : DCO (mg/l) sur l'entrée de la STEP Aïn Taoujdate

D'après, les résultats des concentrations du DCO (Figure 7). Les valeurs moyennes du DCO est 969 mgO₂/L (en 2012), 902 mgO₂/L (en 2013) et 1054 mgO₂/L (en 2014). En comparant, elles sont supérieures à celles des sites des STEP de la région de la Chaouia-Ouadigha au Maroc [16].

4 CONCLUSION

La caractérisation des eaux usées de la station STEP Aïn Taoujdate fait résulter que les concentrations des différents paramètres de pollution contrôlés sur la période d'investigation, durant nos campagnes présentent une variabilité temporelle très marquée avec des concentrations moyennes à élever [17] avec un rapport moyen de DCO/DBO5 durant les années d'études 2012 à 2013 est de l'ordre de (2,0), ce qui nous permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées de la ville est facilement biodégradable auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable malgré que cette charge organique est marquée par des valeurs très fortes de la DBO5 et de la DCO. Par ailleurs, nous

pouvons déduire que cette pollution est essentiellement due aux rejets provenant de l'abattoir municipal de la ville avec dominante des effluents des eaux domestiques surplombant les collecteurs d'assainissement.

Aussi, la STEP Aïn Taoujdate fonctionne en charge hydraulique depuis en 2013 et 2014 dépassant le débit de référence de la STEP (1500 m³/j) avec des concentrations de polluants de l'ordre de 13755 EH(équivalent habitant) dépassant la charge polluante théorique maximale pour laquelle la station a été conçue(13330 EH). et qui influence sur la performance de la dite station.

REFERENCES

- [1] Agoumi A., 2003 – *“Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques”*. Winnipeg : International Institute for Sustainable Development (IISD), 11 p.
- [2] Fouad S., Hajjami K., Cohen N., Chlaida M., Afr. Sc. 10 (1) (2014) 91-102.
- [3] Aba-aaki R., Agga K., Raji M., Et-taleb S., Ez-zahery M., El Alem N., Phys. Chem. News 58 (2011) 12-16.
- [4] Laouina, A. (2006). *“Gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au Maroc:Prospective «Maroc 2030»”*. Haut-Commissariat au Plan.
- [5] Royaume du Maroc (2012). *“Plan directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en eau du Bassin du Bouregreg et de la Chaouia”*. Rapport de synthèse. Mars 2012.
- [6] Moench, M.,A.Dixit,S.Janakarajan,M.S.Rathore and S. Mudrakartha, 2003:*“The Fluid Mosaic:Water Governance in the Context of Variability, Uncertainty and Change – A Synthesis Paper”*. Népal Water Conservation Foundation, Kathmandu, 71 pp.
- [7] Khallaayoune khalid, 2002. *“Etat d'avancement de la mission expertise pour l'évaluation des performances epuratoires de la station de traitement des eaux usees des drarga”-*, Water Resources Sustainability Project Rapport (WRS), Deliverable for United States Agency for International Development. pp10.
- [8] Imzilin, (1990).*“Traitement des eaux usées par lagunage anaérobie et aérobie facultatif Marrakech. Etude quantitative et qualitative, antibiorésistance des bactéries d'intérêt sanitaire. Thèse de 3emecycle.Univ. Cadi ayyad.fac. Sci. semlalia, Marrakech”*. pp122.
- [9] EL ADDOULI J., CHAHLAOUI A., BERRAHOU A., CHAFI A., ENNABILI A. & KARROUCH L., (2009a). *“Influence de rejets d'eaux usées sur les qualités physicochimique et bactériologique d'eaux utilisées en irrigation, déchets, Revue francophone d'écologie industrielle”*, 56 (4): 23-28.
- [10] LAMRANI H. & CHAHLAOUI A., (2012).*“Caractérisation de la qualité physico-chimique et biologique de l'oued Boufekrane, Région de Meknès (Centre-Nord du Maroc)”*, In : Recueil des résumés, 2 ème Colloque International sur la Gestion et la Préservation des Ressources en Eau, 10, 11 et 12 Mai 2012, Meknès – Maroc, 226p.
- [11] NEJMEDDINE A. & YATRIBI A., (1997). *“Characterization of effluent from the tannery of Marrakech City: impact on the soil and groundwater. International Conference-Biochemistry of Metals”*. California, USA.
- [12] BOUGUENOUGH B, ELHOUAT S. & ZIAD A., (2012). *“Stratégie Nationale de l'eau”*, In : Recueil des résumés, 2 ème Colloque International sur la Gestion et la Préservation des Ressources en Eau, 10, 11 et 12 Mai 2012, Meknès – Maroc, 226p.
- [13] ISO 5667/3, *Qualité de l'eau - échantillonnage - Guide pour la conservation et la Manipulation des échantillons*, 1994.
- [14] Gromaire M.-C. (1998). *“La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire: origines et caractéristiques.”* Thèse de doctorat, École Nationale des Ponts et Chaussées, 507 p.
- [15] Block J.C., Mathieu L., Servais P., Fontveille D. and Werner P. (1992). *“Indigenous bacteria inoculate for measuring the Biodegradable Dissolved Organic Carbon (BDOC) in waters. Water Research”*, 26, 481-486.Block et al., 1992)
- [16] Boutayeb M., Bouzidi A., Fekhaoui M., (2012). *“Étude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia-Ouardigha (Maroc)”*. Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie n° 34 (2), p. 145-150.
- [17] Metcalf et Eddy, INC. 1991. Wastewater engineering : *“Treatment, Disposal and Reuse. 3ème Edition Library of Congress Cataloging in publication data, TD, 645, T34.*

Implementing rubrics to assess writing skills in an Adults Advanced EFL (English as a Foreign Language) Class at ICDA (Instituto Cultural Dominicano Americano)

Santa Cabrera, Jayza Rosario, Pablo Castillo, and Jaison Jimenez

Universidad Dominicó Americana,
Santo Domingo, D.N., Dominican Republic

Copyright © 2017 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: Oftentimes, when assessing adult student's writing skills in English as a Foreign Language (EFL) environment, teachers and students alike might find themselves at an impasse regarding the grade given in a composition. With this in mind, we have upgraded one of most used assessment tools: rubrics.

This project proposal describes the path that we have taken to design an innovative rubric that aims to improve the assessment of writing by both teachers and students alike. Outcomes of this project include increase of students' self-awareness and independence, and the acceptance of an upgraded assessment tool.

In our upgraded rubric the proficiency categories are based on a gradient of colors for each of the relevant aspects of writing rather than on numbers (one through four), literals (A through D), among other types of proficiency indicators, with the aim of making written compositions a useful learning experience, and avoid the conflict of subjective grade.

KEYWORDS: Assessment, rubric, writing skills, EFL.

1 INTRODUCTION

Adults are goal-oriented individuals that are highly motivated when they are engaged in self-educating activities that go beyond their basic literacy skills and fulfill their needs as lifelong learners. As such, the adult learner needs to know how instructors assign grades on writing compositions for the assessment exercises to be useful learning experiences. Instructors must be able to explain how they arrived at the grade they have assigned to a piece of written work in order to avoid concerns about subjective grading. The use of a color-based grading rubric by instructors addresses both of these demands – the rubric provides detailed explanations about each of the relevant categories for writing (grammar, vocabulary, coherence, et cetera), which give evidence of the proficiency of the piece of writing.

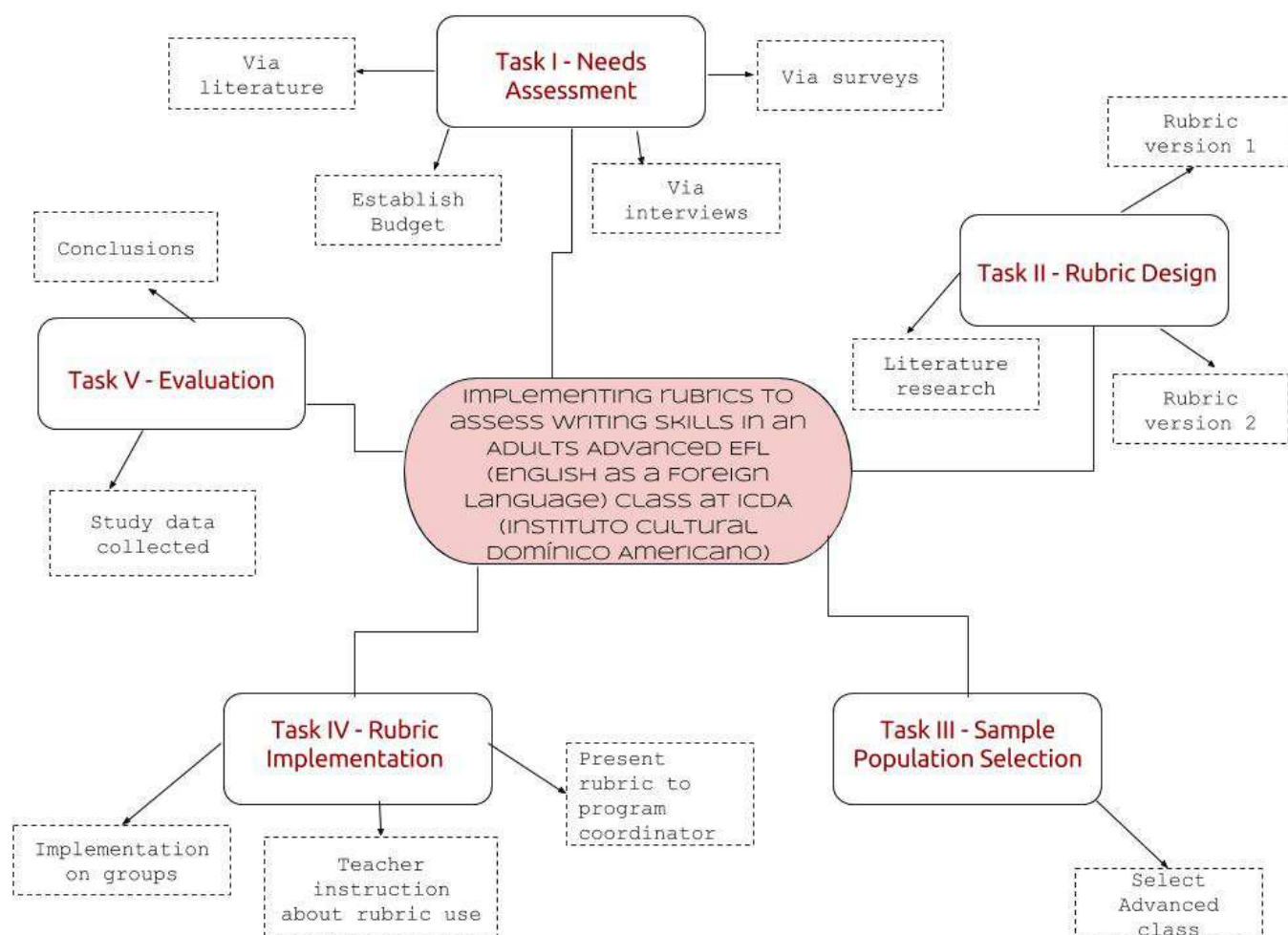
Rubrics take special precedence in today's world, where 21st Century skills - communication, collaboration, creativity, critical thinking - are becoming an innovative way to teach. As so, teachers need to be familiar with assessment and evaluation tools that foster student's independence and awareness of their learning, and that also leave behind standardization of grades.

This is where our project, in the shape of an innovative rubric, comes into play, designed with the ultimate goal of integrating rubrics as a classroom assessment tool in an adults advanced EFL class, in order to enhance learners' awareness and performance in writing.

To reach our goal, we must first identify the pros and cons of using rubrics to assess writing skills in adults, as well as demonstrate the implications of doing so. Furthermore, we are going to compare and contrast students' writing composition performance before and after using rubrics, which will increase students' self-awareness of the achievable standards for writing according to their level. These are our objectives.

Having all this clear, it can be said that the aim of this project is to effectively integrate rubrics as a classroom assessment tool in an adults advanced EFL class. And, by doing the aforementioned, our main purpose is to demonstrate that using

rubrics can enhance learners' awareness on teachers' expectations about what they have to learn in order to have an improved and more polished performance in writing skills.



2 TASK I - NEEDS ASSESSMENT

LITERATURE REVIEW

2.1 RUBRICS

According to the Faculty Development and Instructional Design Center of Northern Illinois University, rubrics are a set of explicit criteria used for assessing a particular type of work or performance and provides more details than a single grade or mark. This means that rubrics will allow teachers to grade students fairly and more objectively.

As students many times we have asked ourselves, "Why did I get this grade?" or maybe stated, "I do not remember when you said grammar would be graded!". We used to feel very confused because of these situations. We have received a grade; however, we still do not know what it means. For this particular reason we are now talking about rubrics.

Stevens & Levi (2005) expressed, "as grading tool, rubrics can address these and other issues related to assessment: they reduce grading time, they increase objectivity, they convey timely feedback to students and they improve students' ability to include required elements of an assignment". (Northern Illinois University, Faculty Development and Instructional Design Center).

The term rubric nowadays has distinct meanings, nevertheless when it comes to education, when we listen to this word we know meaningful assessment tool is the main topic. According to Oxford Online Dictionary, this concept comes from Late

Middle English word "...*rubrish* (originally referring to a heading, section of text, written in red for distinctiveness), from Old French *rubriche*, from Latin *rubrica (terra)* 'red (earth or ochre as writing material)', from the base of *rubeus* 'red'; the later spelling is influenced by the Latin form".

The use of rubrics as an assessment tool in the classroom became popular, according to Donna Korycinski (2011), in the 1970's. After that decade and until current time rubrics had been used and implemented more and more in many diverse ways inside classrooms. Korycinski argues that "when constructed properly, rubrics are highly effective tools not only to assess and evaluate student performance but also to provide constructive and informative feedback". These are part of the features that make rubrics so helpful for teachers and students. They (rubrics) serve as an expected performance reference structure that gives students an open window to improve and control their future learning outcomes and products.

2.2 WHY USE RUBRICS?

The author (Korycinski, 2011) quotes Andrade (2000) and Cooper & Gargan (2009) to provide reasons why educators at any level should consider using rubrics to assess students:

First of all, they need to be easy to explain. Second, it has to make teachers' expectations very clear to students, parents, other teachers and educators. Third, it should be able to help teachers think carefully and critically about what they are teaching and want students to learn. Fourth, it has to provide students with more informative feedback about their strengths and areas in need of improvement those other forms of assessment. And fifth, there has to be continued support in the progress of learning, the development of skills and understanding and good thinking.

In other words, rubrics make the teaching and learning process to be more specific and target better and more efficiently those aspects of the content that are more desirable to be gained and developed. Also we can mention that rubrics create a scenario in which feedback and reflection are vital in order to properly fulfill the expectations of teachers on student performance and improvement. They (rubrics) give the learner some kind of freedom and power, because they can critically think about what they are supposed to show and contrast it with that they are actually demonstrating. This way students are able make some important improvements, be responsible about their products and understand the nature of their grades.

To design useful and reliable rubrics we need to be experts on the area we are looking to target with it. Nonetheless, it does not matter the orientation of the rubric, all of them must include "...a list of evaluation criteria or expectations for the assignment and descriptions of degrees of quality associated with each criterion that identifies if the work has met the requirements to be considered "excellent", "above average", "average" or "below average"..." (Korycinski, 2011). The author explains that is recommended to have a least four or five levels of quality, because three or less levels would not be able to provide a valid range of description and information for analysis. In the other hand, having six or more quality levels would make more difficult the differentiation of student performance.

2.3 STEPS TO CONSTRUCT A RUBRIC

Andrade (2000), quoted by (Korycinski, 2011) says that, if the teacher creates the rubric solely is going to be called "performance rubric". However, if the students are involved during the process of design and negotiation with the teacher, then is referred to be an "instructional rubric". This takes us directly to the steps needed to construct a rubric. First, we have to look at examples of a variety of works and strategies used during similar courses. Second, we should make a criteria list. Third, we should revise these criteria in order to verify its reliability. Fourth, quality levels should be set according to the criteria used. And finally, the draft should be done and then revised.

2.4 BENEFITS OF USING RUBRICS FOR ASSESSMENT

As educators we need to be clear about why using rubrics may be beneficial for teaching and assessment, and to what extend they can be implemented. First, rubrics if correctly used, can improve student performance at the areas or area directly related with the evaluation criteria. They (rubrics) give teachers chance to clearly state what his or her expectations are and also allow teachers to show students how and what to do to meet them. (Andrade, 1997)

Second, rubrics are useful in the way they help students to become more critical, organized, rigorous, and thoughtful about their work and others' work. This is something very important for those teachers who look for students learning autonomy and self-efficacy.

Third, rubrics are planned to make the evaluation and assessment process more effective and less time wasting. Rubrics "...reduce the amount of time teachers spend evaluating student work..." When a student has a doubt rather than struggling

in order to explain the concepts or criteria, the teacher can give a faster but more meaningful feedback and point out the quality level description that explains the level of performance.

And fourth, "...teachers appreciate rubrics because their "accordion" nature allows them to accommodate heterogeneous classes. The examples here have three or four gradations of quality, but there is no reason they can't be "stretched" to reflect the work of both gifted students and those with learning disabilities..." (Andrade, 1997) Rubrics have space for inclusion of many types of learners' performance.

Even with all the evidence supporting rubrics as useful assessment and teaching tools, there are some issues that can impact the effectiveness and reliability of these awesome resources. These authors express the following about rubrics (Tierney & Simon, 2004):

"...many rubrics are still not instructionally useful because of inconsistencies in the descriptions of performance criteria across their scale levels. The most accessible rubrics, particularly those available on the Internet, contain design flaws that not only affect their instructional usefulness, but also the validity of their results. For scoring rubrics to fulfill their educational ideal, they must first be designed or modified to reflect greater consistency in their performance criteria descriptors..."

This should be an alarm bell in the ears of teachers who use rubrics. The authors argue that, there is not enough clarity of criterion when constructing rubrics. Apparently, this occurs as a consequence of the lack of knowledge about listing and setting criteria of evaluation that are valid, reliable and really measure what they are supposed to. They said that "given the fact that consistency has not been discussed extensively in relation to rubric design, it is not widely understood by rubric developers as a technical requirement..." (Tierney & Simon, 2004).

2.5 WHAT IS THE PROBLEM WITH RUBRICS?

As seen by Brookhart (2013), there are common misconceptions about rubrics. They are not assignment directions set into a chart format. When Goldberg and Roswell (1999 - 2000) conducted a study with teachers in the elementary and middle school levels and found some interesting flaws:

- Teachers confounded the outcomes being measured, scoring more than one area at a time instead of recognizing them as separate skills.
- Teachers scored features that had nothing to do with the rubric (neatness, color, etc).
- Teachers scored by counting up parts or components instead of looking for evidence in proficiency of the outcomes measured.
- Teachers scored for things students had not been made aware of.
- Teachers scored products instead of outcomes.

Many educators have jumped in the bandwagon of rubrics and sometimes do not completely grasp the correct implementation of them and can make mistakes that instead of helping give a better assessment just work on hindering their students production. There are some rubrics that try to assess activities in an incorrect way, and these can be called miss-the-mark rubrics, which are the ones that assess a task but not the outcome of it.

This problem of confusing a task with a learning goal is because of the huge temptation to align the criteria to the task instead of the learning goal and because of the existence of many near-miss rubrics-engaging but empty.

Not focusing beyond tasks to intended learning outcomes is an error on two levels, because students really will think that what the teacher asks them to *do* exemplifies what they have to *learn*; and what is wanted is for the learning-focused rubric to help students aware of what was learned in the process of doing a task. (Brookhart, 2013).

Simon & Forgette-Giroux (2003) quoted by Tierney & Simon in 2004, also discuss consistency in performance criteria. They suggest that the descriptors for each level should deal with the same performance criteria and attributes in order to progressively scale one level to the other.

Since rubrics can be customizable, teachers have the freedom to create their own and that is what makes rubrics so popular and loved. In order for an educator or even student to create a rubric there are some basic steps to be followed; in short terms these steps, according to Andrade (1997), are: start by checking previous rubrics made by others; then, decide on the criteria to be used according to the objectives to be attained; decide on how to divide the quality levels; create the rubric with some models as guide; implement and last but not least, revise to see if it needs any changes made. Whether used with students to set learning goals, as scoring devices for grading purposes, to give formative feedback to students about their

progress toward important course outcomes, or for assessment of curricular and course innovations, rubrics allow for both quantitative and qualitative analysis of student performance. (Allen & Tanner, 2006).

2.6 THE USE OF RUBRICS IN DOMINICAN REPUBLIC

In the Dominican Republic, the new Curriculum Design (2014) for the primary levels, cycle two (4th, 5th and 6th grade) proposed by the Ministry of Education touches on the subject of rubrics and says that the criteria set in those used to assess need to reflect what are the achievement indicators of the curriculum. The objectives can be proven to be attained with them, although it leaves flexibility for the educators to decide on which assessment tool to use.

2.7 INSTITUTO CULTURAL DOMINICO-AMERICANO

The Instituto Cultural Domínico-Americano (ICDA) is an institution founded on January 26th, 1946, with the aim of strengthening the cultural ties between the United States of America and Dominican Republic. The ICDA offers a wide array of services in both the cultural and educational fields, focusing on the teaching of the English language to the Dominican populace. Its many cultural and academic programs include the Language School (EDI), Preschool, the Colegio Domínico-Americano (CDA), the Universidad Domínico-Americana (UNICDA), among others.

The Language school offers its services in yearlong trimestral cycles, where the students acquire comprehension skills and participate in oral and written production in order for them to be able to communicate in whatever environment. The EDI consists of four programs: Adults (17 years old and onwards), Juniors (13-16), Playful (5-12), and Spanish as a Foreign Language (adults from 17 years old and onwards).

The focus of this project is on the Adults program, which consists of nine basic levels and five Advanced levels. They employ the communicative teaching methodology to develop oral comprehension and production, reading, writing, and cultural knowledge.

A big chunk of the development of the project mainly requires the acquisition of literary resources that enable us to design an accurate and user-intuitive rubric, like the book title *How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment and Grading*. Furthermore, economic resources were spent on photocopies of the surveys handed out to both teachers and students, and were spent on photocopies of the rubric for these individuals. The implementation phase of the project includes trips to ICDA, which means that the transportation fees are to be covered.

TRIANGULATION

Both teachers' and students' surveys are comprised of eight close-ended statements to be answered with a number ranging from one (strongly disagree) to four (strongly agree). To better identify the background knowledge of teachers and groups of students selected to implement the rubric on, a closed survey has been provided for them to statistically organize their knowledge.

WRITING ASSESSMENT SURVEY FOR TEACHERS

According to the scale described below, rate the following statements regarding the assessment of writing skills in an Adults Advanced class.

1	Strongly disagree
2	Disagree
3	Neutral
4	Agree
5	Strongly agree

I only assess my student's writing skills during compositions.	
I use different tools to assess the writing skills of my students.	
I integrate writing into all my lessons.	
I design effective writing assignments.	
I inform my students beforehand of the aspects of writing to be evaluated.	
I feel comfortable with my students being independent in their assessment.	
I provide feedback and grading to the student's writing assignments.	
I have used rubrics to assess the writing skills of my students.	

WRITING ASSESSMENT SURVEY FOR STUDENTS

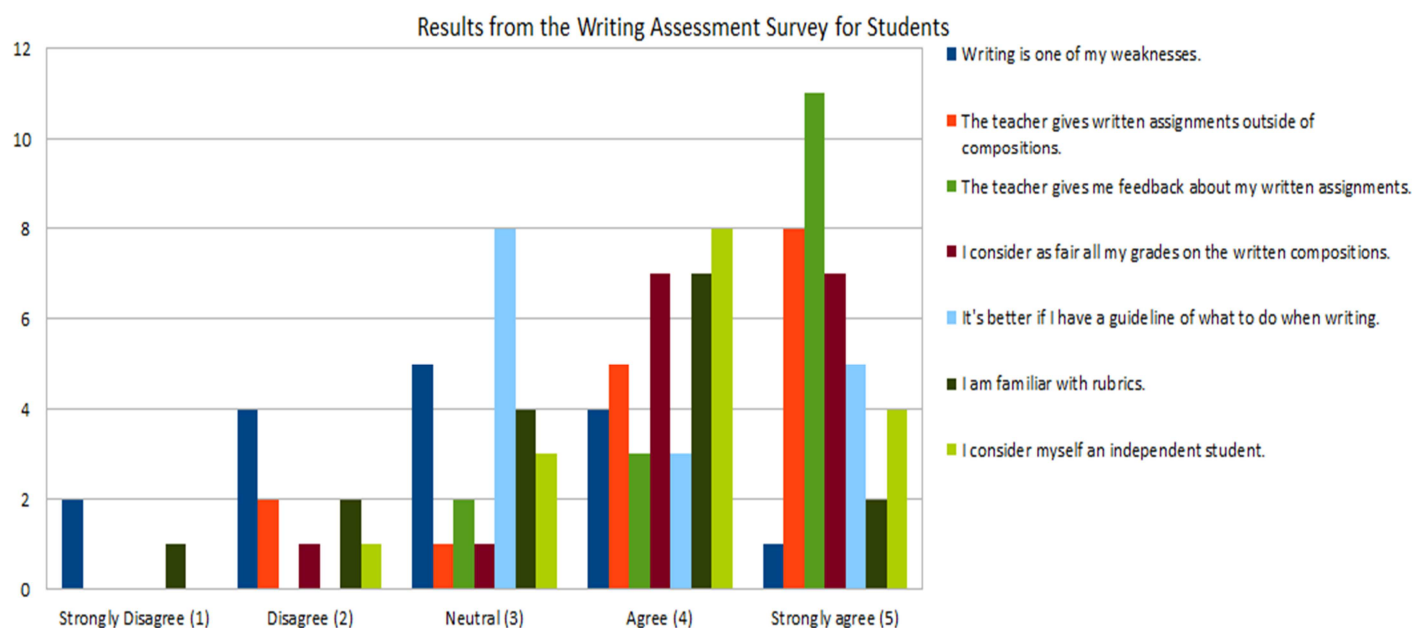
According to the scale described below, rate the following statements regarding the assessment of writing skills in an Adults Advanced class.

1	Strongly disagree
2	Disagree
3	Neutral
4	Agree
5	Strongly agree

Writing is one of my weaknesses.	
The teacher gives written assignments outside of compositions.	
I am kept informed of what elements are going to be evaluated on my compositions.	
The teacher gives me feedback about my written assignments.	
I consider as fair all my grades on the written compositions.	
It's better if I have a guideline of what to do when writing.	
I am familiar with rubrics.	
I consider myself an independent student.	

The results from the students' surveys show that:

Results from the Writing Assessment Survey for Students						
Total number of surveys	16					
Question	Strongly Disagree (1)	Disagree (2)	Neutral (3)	Agree (4)	Strongly Agree (5)	Total
Writing is one of my weaknesses.	2	4	5	4	1	16
Teacher gives written assignments outside of compositions.		2	1	5	8	16
I am kept informed of what elements are going to be evaluated on my compositions.		1		5	10	16
The teacher gives me feedback about my written assignments.			2	3	11	16
I consider as fair all my grades on the written compositions.		1	1	7	7	16
It's better if I have a guideline of what to do when writing.			8	3	5	16
I am familiar with rubrics.	1	2	4	7	2	16
I consider myself an independent student.		1	3	8	4	16



Relative values of students' survey results, according to agreement, neutrality, and disagreement, to be presented in percentages.

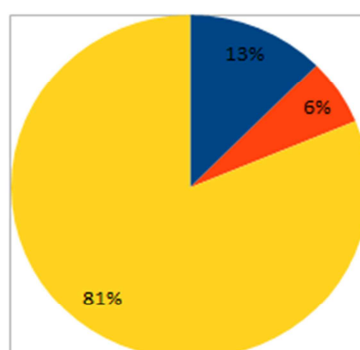
Disagreement	Neutral	Agreement
0.375	0.3125	0.3125
0.125	0.0625	0.8125
0.0625	0	0.9375
0	0.125	0.875
0.0625	0.0625	0.875
0	0.5	0.5
0.1875	0.25	0.5625
0.0625	0.1875	0.75

A more detailed examination of the data follows

- 31.25% of the students consider that writing is one their weaknesses, in contrast to 37.5% of students that disagree with the statement. 31.25% of the students were neutral in the matter.

The teacher gives written assignments outside of compositions.

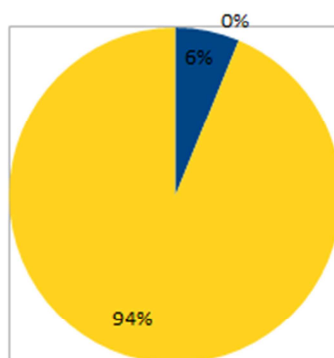
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



2. An overwhelming 93.75% of the students are aware and informed of what is going to be evaluated during compositions. One student out of sixteen considers that s/he is not kept informed of these matters.

I am kept informed of what elements are going to be evaluated on my compositions.

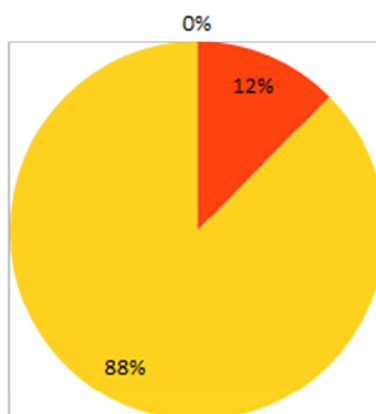
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



3. When asked if they were given feedback about their written assignments, 87.5% of the students were positive about this, while 12.5% disagreed with the statement.

The teacher gives me feedback about my written assignments.

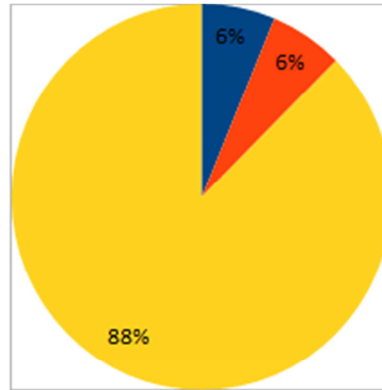
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



4. 87.5% of the students considered that the grades on their compositions were fair, and only 6.25% did not consider them as so. Same percentage of students remained neutral.

I consider as fair all my grades on the written compositions.

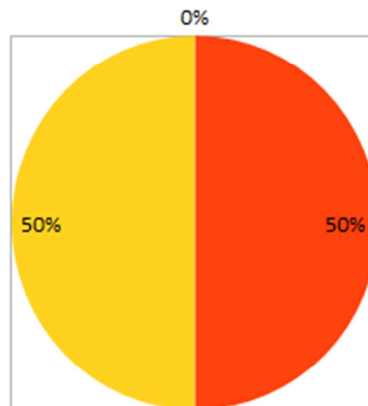
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



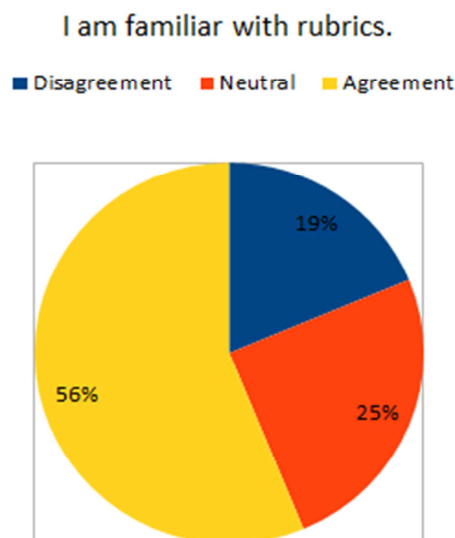
5. Half of the students (50%) believe that is better to have guidelines when writing, while the other half remained neutral.

It's better if I have a guideline of what to do when writing.

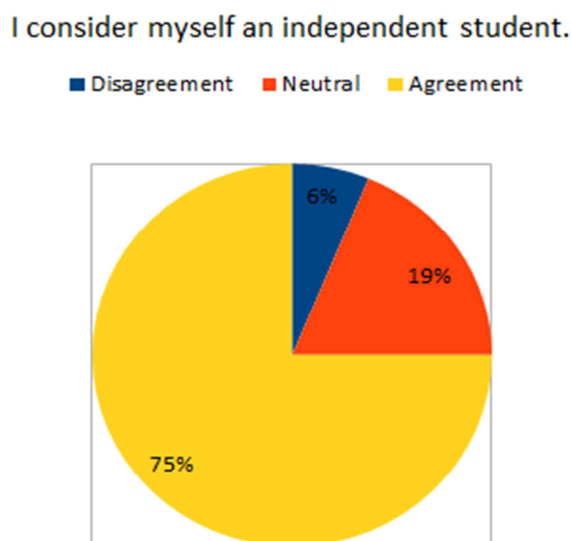
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



6. A little bit over a half (56.25%) of the students are familiar with rubrics; 18.75% are not familiar with them, and 25% remained neutral.



7. 75% of the students consider themselves as independent learners, while only one disagrees with the statement. The remaining 18.75 of the students were neutral on the topic.

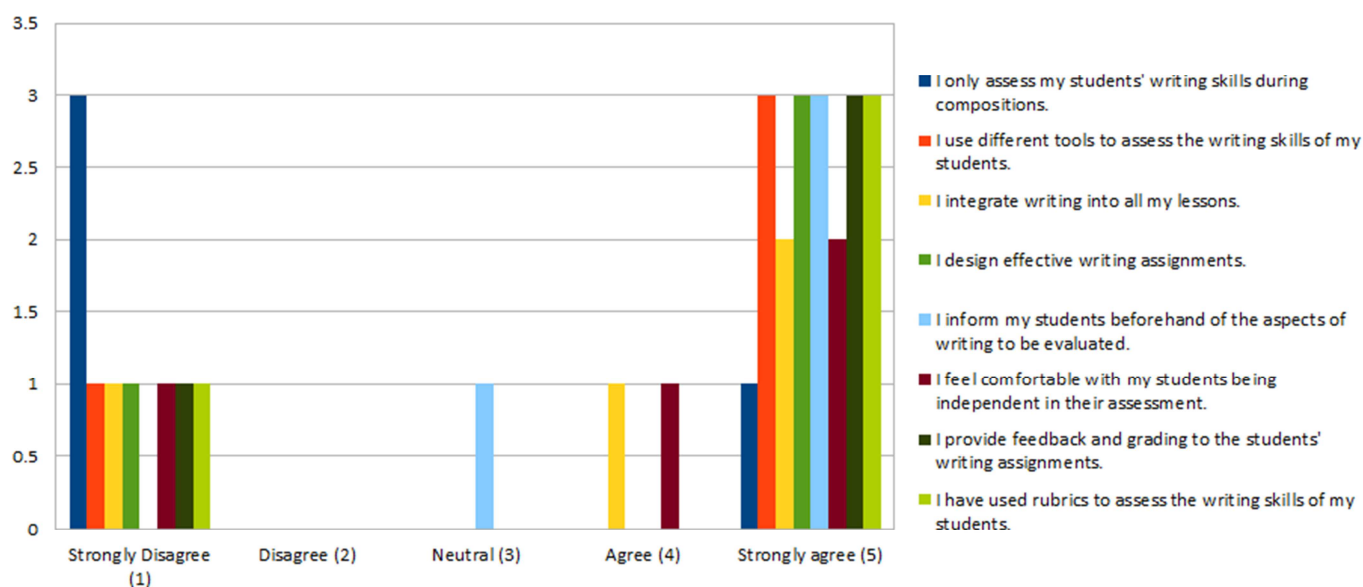


Firstly, only a little bit over a half of the students are familiar with rubrics, which means that we must work on introducing and giving instructions on the rubric to the percentage of students that are not familiar with them. Even if the rubric is self-explanatory and user-friendly, it is of utmost importance that every student is on the same page. Regarding the aspect of student independence, that 75% must be taken to a 100% if we are to wholly achieve our goals. Once this is done, we believe that the aspects of satisfaction with the grades and the reception of feedback will greatly increase, as both teachers and students will work together to cover them.

On the other hand, the results from the teachers' surveys these results, as seen below, pose some important implications for our project. They show that:

Results from the Writing Assessment Survey for Teachers						
Total number of surveys	4					
Question	Strongly Disagree (1)	Disagree (2)	Neutral (3)	Agree (4)	Strongly agree (5)	Total
I only assess my students' writing skills during compositions.	3				1	4
I use different tools to assess the writing skills of my students.	1				3	4
I integrate writing into all my lessons.	1			1	2	4
I design effective writing assignments.	1				3	4
I inform my students beforehand of the aspects of writing to be evaluated.			1		3	4
I feel comfortable with my students being independent in their assessment.	1			1	2	4
I provide feedback and grading to the students' writing assignments.	1				3	4
I have used rubrics to assess the writing skills of my students.	1				3	4

As well as a representation of the results with bars



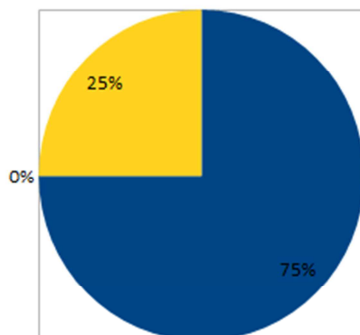
Relative values of teachers' survey results, according to agreement, neutrality, and disagreement, to be presented in percentages.

Disagreement	Neutral	Agreement
0.75	0	0.25
0.25	0	0.75
0.25	0	0.75
0.25	0	0.75
0	0.25	0.75
0.25	0	0.75
0.25	0	0.75
0.25	0	0.75

1. One out of four teachers ONLY assesses the students during the compositions.

I only assess my students' writing skills during compositions.

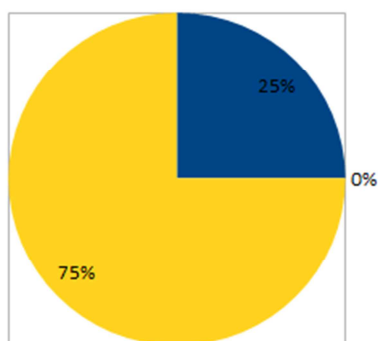
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



2. 75% of the teachers use different tools to assess their students' writing skills, while the other 25% doesn't.

I use different tools to assess the writing skills of my students.

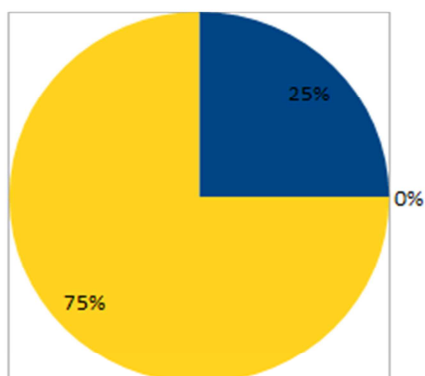
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



3. Three out of four teachers integrate writing in all of their teaching lessons.

I integrate writing into all my lessons.

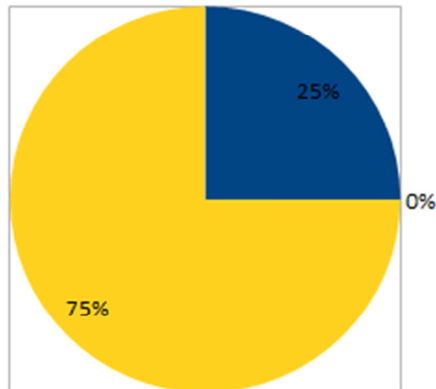
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



4. 75% of the teachers consider that they design effective writing assignments for the students. The remaining 25% disagrees with this statement.

I design effective writing assignments.

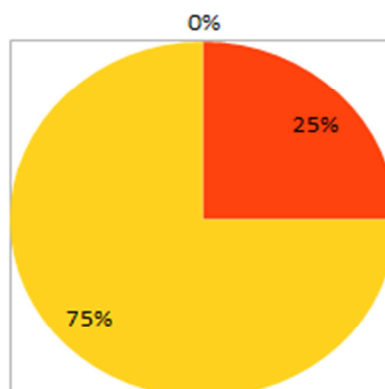
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



5. 75% of the teachers inform their students about which aspects of their writing are going to be evaluated. The other 25% remained neutral about this statement.

I inform my students beforehand of the aspects of writing to be evaluated.

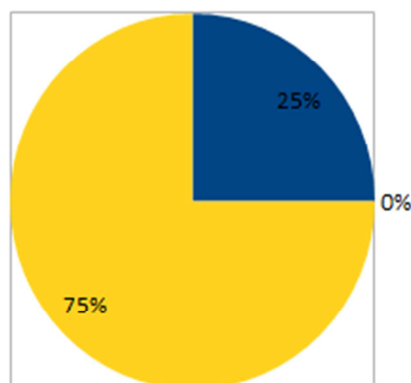
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



6. Regarding students' independence, 75% of the teachers feel comfortable with them being independent in their assessment. None of them feel neutral about this aspect.

I feel comfortable with my students being independent in their assessment.

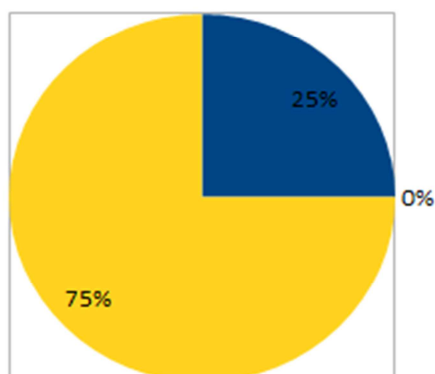
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



7. Majority of teachers (75%) provide feedback and grading to the students about their performance during the compositions. Only one teacher, equivalent to 25%, does not provide feedback.

I provide feedback and grading to the students' writing assignments.

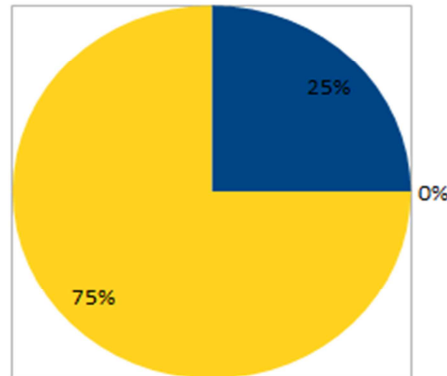
■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



8. Three out of the four teachers have used some type of rubric to assess the writing skills of their students.

I have used rubrics to assess the writing skills of my students.

■ Disagreement ■ Neutral ■ Agreement



Among the implications of these results, on the first hand, we can safely infer that the instructors are open to the use of a new type of rubric and implement it on their classes to assess the writing skills of their students, as evidenced by the fact that they use different assessment tools and design writing assignments themselves.

Since the majority of the teachers give writing assignments outside compositions, these can be used as an introduction of the rubric and preparation practice for the moment of the compositions. Furthermore, this introduction and preparation process will not take time away from regular classes since the teachers already inform the students about the aspects to be evaluated, and it will simplify the moment the students give feedback because student's independence and awareness of their learning will be increased.

3 TASK II - RUBRIC DESIGN

3.1 PERFORMANCE ASSESSMENTS FOR ENGLISH LANGUAGE LEARNERS

When assessing learning process what teachers do "is...not only about measuring student learning, but actually improving it", as Darling-Hammond (2004), cited by (Abedi, 2010) expressed. Abedi, later argues about performance assessment as the mean through which we educators can improve the significance and relevance of learning processes. He believes assessing performance strategies are the best way to accomplish learning goals "...because they not only engage these students and give them a chance to demonstrate their knowledge but also disclose more in-depth information on students' academic needs".

Even though we are capable of assessing students' performance in a great variety of forms, we can avoid and reduce linguistic complexity of tasks and activities in other subject matter that involve distinct type of abilities, and skills; this cannot be done with writing.

Abedi (2010) on Performance Assessments for English Language Learners report:

"Describes how performance assessments can help the ELL student population demonstrate what they know and are able to do. Unfortunately, research literature on performance assessments for English language learners is thin, but it offers evidence on the effectiveness and usefulness of performance assessments for these students".

3.2 WRITING PERFORMANCE

When we assess writing we have to understand that, first it is a process of representing and expressing language in visual and tactile forms. We need to have in mind that the main purpose of writing is communication. (Ager) Second, it must use artificial marks or graphic signs in durable surfaces as print paper, or any electronic platform just like forums and digital documents. (Daniels, 1996) Third, we need to have clear that writing involves a set or relatively fixed and consistent rules and fashion that is arbitrarily oriented to represent phonemes and sound of spoken language. This has to be done in a way that both written and spoken language, reflect each other.

Steven Fischer (2001), explained that writing goes beyond simple graphical representations. He talked about way writing is used to symbolize not only object and images, but culture and human nature itself.

It is known that performance is "the accomplishment of a given task measured against preset known standards of accuracy, completeness, cost, and speed..." Therefore, we can say performance "...is deemed to be the fulfillment of an obligation, in a manner that releases the performer..." is able to demonstrate objectively his or her level of mastery in certain area or skill. (Performance, 2016)

And we asked, how can we put together these two terms in the same page? Well, it is actually simple. If we understand the implication of writing as a system and performance as an observable and measurable demonstration of mastery and understanding, we will be able to do it. This writing performance is the criteria the educators use as a clear demonstration of written language conventions domain and mastery. For this, is vital to comprehend that "...language factors in performance assessments may even have a greater level of impact on student performance than for native speakers of English...." (Abedi, 2010).

As a response to this concern, "a distinction should be made between language related to the construct being measured (construct-relevant) and language not necessarily relevant to the content (construct-irrelevant)". This will help us focus specifically on what is important and necessary to be measured. Also, one thing educators can achieve by evaluating performance is evidence that allow them judge their students' levels.

Darling-Hammond (2006) (cited by Abedi, 2010) indicates:

"Performance assessments that require students to evaluate and solve complex problems, conduct research, write extensively, and demonstrate their learning in projects, papers, and exhibitions have proven key to motivating students and attaining high levels of learning in redesigned high schools (p. 655)."

Our intention is to use rubrics as an assessment tool that allow students to get involve in these type of challenging activities in which they have to think hard and make a great deal of effort in order to be successful. Thus, motivation will increase, but also their interest in own learning process understanding. Rubrics can help the learners to become more confident when performing, these tools are meant to serve as guides that give them a more effective view of what is expected to be done and what and how performance is going to be evaluated. As Firestone, Mayrowetz, and Fairman (1998) point out, "performance-based assessment can change specific behaviors and procedures in the classroom more easily than the general paradigm for teaching a subject". (Abedi, 2010)

These authors are suggesting that teachers can develop better instructional knowledge and more effective teaching and managing strategies when using assessment based on performance. We believe this is beneficial for both, the teacher and the student, because this approach will create opportunities for learners to be more aware of how the perform and what is the meaning of everything they show up during classroom demonstrations and practices.

3.3 COMMON EUROPEAN FRAMEWORK

Each time we work with any kind of learners, educators need to have a clear understanding of their target population capacities, skills and levels of proficiency. This will allow instructors to create more effective lesson plans and use strategies that really help students move from one stage to the other. In regards to these purposes, the Common Reference Levels can be classified, arranged and modified in distinct ways. The first is the global scale as it is shown in the next table.

Table 1: Common Reference Levels: Global Scale

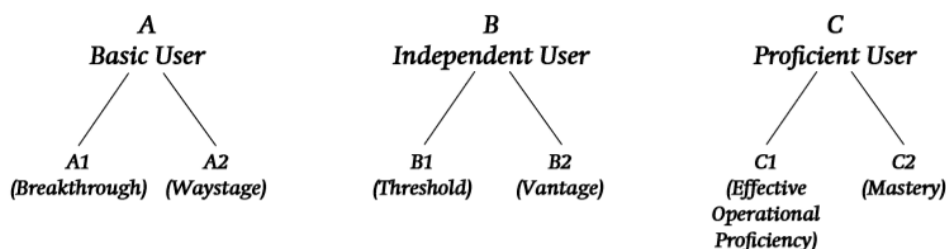
Proficient User	C2	Can understand with ease virtually everything heard or read. Can summarise information from different spoken and written sources, reconstructing arguments and accounts in a coherent presentation. Can express him/herself spontaneously, very fluently and precisely, differentiating finer shades of meaning even in more complex situations.
	C1	Can understand a wide range of demanding, longer texts, and recognise implicit meaning. Can express him/herself fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions. Can use language flexibly and effectively for social, academic and professional purposes. Can produce clear, well-structured, detailed text on complex subjects, showing controlled use of organisational patterns, connectors and cohesive devices.
Independent User	B2	Can understand the main ideas of complex text on both concrete and abstract topics, including technical discussions in his/her field of specialisation. Can interact with a degree of fluency and spontaneity that makes regular interaction with native speakers quite possible without strain for either party. Can produce clear, detailed text on a wide range of subjects and explain a viewpoint on a topical issue giving the advantages and disadvantages of various options.
	B1	Can understand the main points of clear standard input on familiar matters regularly encountered in work, school, leisure, etc. Can deal with most situations likely to arise whilst travelling in an area where the language is spoken. Can produce simple connected text on topics which are familiar or of personal interest. Can describe experiences and events, dreams, hopes and ambitions and briefly give reasons and explanations for opinions and plans.
Basic User	A2	Can understand sentences and frequently used expressions related to areas of most immediate relevance (e.g. very basic personal and family information, shopping, local geography, employment). Can communicate in simple and routine tasks requiring a simple and direct exchange of information on familiar and routine matters. Can describe in simple terms aspects of his/her background, immediate environment and matters in areas of immediate need.
	A1	Can understand and use familiar everyday expressions and very basic phrases aimed at the satisfaction of needs of a concrete type. Can introduce him/herself and others and can ask and answer questions about personal details such as where he/she lives, people he/she knows and things he/she has. Can interact in a simple way provided the other person talks slowly and clearly and is prepared to help.

According to Council of Europe, "in order to orient learners, teachers and other users within the educational system for some practical purpose, however, a more detailed overview is likely to be necessary". (Language Policy Unit, 2001) This implies that in order to properly develop the practical usage of this framework we need to have a more specific classification. Such subdivision of the global scale "...can be presented in the form of a grid showing major categories of language use at each of the six levels..."

The Common European Framework provides an example in Table 2, "...is a draft for a self-assessment orientation tool based on the six levels. It is intended to help learners to profile their main language skills, and decide at which level they might look at a checklist of more detailed descriptors in order to self-assess their level of proficiency". (Language Policy Unit, 2001) As educators having an assessment tool that allow students to be more independent and aware learners, is very useful. We can provide feedback that is clear and understandable, and objectively founded. At the same time the tool serves as a reference guide of performance in any area that is desired to be measured.

These charts give data that can be used to design and elaborate rubrics for different purposes. Using the Common European Reference teachers can evaluate through rubric implementation a great variety of skills "... by restricting the range of levels and categories covered to those relevant to a particular purpose..." As a consequence "... it will be possible to add more detail: finer levels and categories. Such detail would enable a set of modules to be 'mapped' relative to one another – and also to be situated in relation to the Common Framework." (Language Policy Unit, 2001)

CEF formulates a mathematically based scale that allows educators to interpret more objectively and classify learners' performance by establishing a set of levels. This way, we can evidence the "...number and nature of levels appropriate to the organization of language learning and the public recognition of achievement. It seems that an outline framework of six broad levels gives an adequate coverage of the learning space relevant to European language learners for these purposes..."



After taking a look at these six levels we notice that they are "... respectively higher and lower interpretations of the classic division into basic, intermediate and advanced..." In addition, being capable of changing the way performance levels are seemed permit the evaluation process to be more open and to provide a greater sense of fairness when results are given. (Language Policy Unit, 2001).

Table 2: Common Reference Levels: self-assessment grid (part 1)

		A1	A2	B1
U N D E R S T A N D I N G	Listening	I can recognise familiar words and very basic phrases concerning myself, my family and immediate concrete surroundings when people speak slowly and clearly.	I can understand phrases and the highest frequency vocabulary related to areas of most immediate personal relevance (e.g. very basic personal and family information, shopping, local area, employment). I can catch the main point in short, clear, simple messages and announcements.	I can understand the main points of clear standard speech on familiar matters regularly encountered in work, school, leisure, etc. I can understand the main point of many radio or TV programmes on current affairs or topics of personal or professional interest when the delivery is relatively slow and clear.
	Reading	I can understand familiar names, words and very simple sentences, for example on notices and posters or in catalogues.	I can read very short, simple texts. I can find specific, predictable information in simple everyday material such as advertisements, prospectuses, menus and timetables and I can understand short simple personal letters.	I can understand texts that consist mainly of high frequency everyday or job-related language. I can understand the description of events, feelings and wishes in personal letters.
S P E A K I N G	Spoken Interaction	I can interact in a simple way provided the other person is prepared to repeat or rephrase things at a slower rate of speech and help me formulate what I'm trying to say. I can ask and answer simple questions in areas of immediate need or on very familiar topics.	I can communicate in simple and routine tasks requiring a simple and direct exchange of information on familiar topics and activities. I can handle very short social exchanges, even though I can't usually understand enough to keep the conversation going myself.	I can deal with most situations likely to arise whilst travelling in an area where the language is spoken. I can enter unprepared into conversation on topics that are familiar, of personal interest or pertinent to everyday life (e.g. family, hobbies, work, travel and current events).
	Spoken Production	I can use simple phrases and sentences to describe where I live and people I know.	I can use a series of phrases and sentences to describe in simple terms my family and other people, living conditions, my educational background and my present or most recent job.	I can connect phrases in a simple way in order to describe experiences and events, my dreams, hopes and ambitions. I can briefly give reasons and explanations for opinions and plans. I can narrate a story or relate the plot of a book or film and describe my reactions.
W R I T I N G	Writing	I can write a short, simple postcard, for example sending holiday greetings. I can fill in forms with personal details, for example entering my name, nationality and address on a hotel registration form.	I can write short, simple notes and messages relating to matters in areas of immediate need. I can write a very simple personal letter, for example thanking someone for something.	I can write simple connected text on topics which are familiar or of personal interest. I can write personal letters describing experiences and impressions.

Table 2: Common Reference Levels: self-assessment grid (part 2)

B2	C1	C2
I can understand extended speech and lectures and follow even complex lines of argument provided the topic is reasonably familiar. I can understand most TV news and current affairs programmes. I can understand the majority of films in standard dialect.	I can understand extended speech even when it is not clearly structured and when relationships are only implied and not signalled explicitly. I can understand television programmes and films without too much effort.	I have no difficulty in understanding any kind of spoken language, whether live or broadcast, even when delivered at fast native speed, provided I have some time to get familiar with the accent.
I can read articles and reports concerned with contemporary problems in which the writers adopt particular attitudes or viewpoints. I can understand contemporary literary prose.	I can understand long and complex factual and literary texts, appreciating distinctions of style. I can understand specialised articles and longer technical instructions, even when they do not relate to my field.	I can read with ease virtually all forms of the written language, including abstract, structurally or linguistically complex texts such as manuals, specialised articles and literary works.
I can interact with a degree of fluency and spontaneity that makes regular interaction with native speakers quite possible. I can take an active part in discussion in familiar contexts, accounting for and sustaining my views.	I can express myself fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions. I can use language flexibly and effectively for social and professional purposes. I can formulate ideas and opinions with precision and relate my contribution skilfully to those of other speakers.	I can take part effortlessly in any conversation or discussion and have a good familiarity with idiomatic expressions and colloquialisms. I can express myself fluently and convey finer shades of meaning precisely. If I do have a problem I can backtrack and restructure around the difficulty so smoothly that other people are hardly aware of it.
I can present clear, detailed descriptions on a wide range of subjects related to my field of interest. I can explain a viewpoint on a topical issue giving the advantages and disadvantages of various options.	I can present clear, detailed descriptions of complex subjects integrating sub-themes, developing particular points and rounding off with an appropriate conclusion.	I can present a clear, smoothly flowing description or argument in a style appropriate to the context and with an effective logical structure which helps the recipient to notice and remember significant points.
I can write clear, detailed text on a wide range of subjects related to my interests. I can write an essay or report, passing on information or giving reasons in support of or against a particular point of view. I can write letters highlighting the personal significance of events and experiences.	I can express myself in clear, well-structured text, expressing points of view at some length. I can write about complex subjects in a letter, an essay or a report, underlining what I consider to be the salient issues. I can select style appropriate to the reader in mind.	I can write clear, smoothly flowing text in an appropriate style. I can write complex letters, reports or articles which present a case with an effective logical structure which helps the recipient to notice and remember significant points. I can write summaries and reviews of professional or literary works.

We propose and designed a modified color-coded rubric to assess, specifically, the writing skills of English as Foreign Language (EFL) learners, in an Adults Advanced class at the Instituto Cultural Dominicano Americano (ICDA). We count with sixteen (16) students randomly selected from the Adults Advanced program available classes, which range across Adults Advanced 1 to Adults Advanced 5.

During a normal trimestral cycle, all students of the Language school at ICDA are assessed with two written compositions: the first one before the midterm exam and the second one before the final test. The students are provided with an answer

sheet for each composition, in which there's a segment titled "Overall Evaluation of Tasks". The following tasks are assessed: grammar/mechanics, vocabulary/spelling, development/coherence, and content/format. Each aspect of writing has a value that when summed gives you a total of a hundred points, as we can see below.

OVERALL EVALUATION OF TASKS	
Grammar/Mechanics:	_____ /30
Vocabulary/Spelling:	_____ /30
Development/Coherence:	_____ /20
Content/Format:	_____ /20
TOTAL:	_____ /100

The first draft that we designed of the rubric, aimed to assess eight writing criteria on the Adults Advanced levels:

- creativity
- grammar conventions
- main ideas
- thought sequence
- organization
- supporting ideas
- spelling
- word choice

This rubric proposal is meant to reduce students' feelings like "Why did I get a 4 instead of 5?" and "Why did my partner get a better grade if we had almost the same mistakes?". Also, this in an attempt to make rubrics that assesses writing more visual and interesting.

The above mentioned criteria were selected for the sole reason of having a context-free and context-relevant rubric: the criteria are applicable to whichever environment, not exclusive to ESL or adults. At the same time, the criteria are relevant to whichever topic and language chunk the students are to be assessed in. Furthermore, the criteria are self-explanatory and user-friendly, since they describe common aspects of language and of written works. For example, *word choice* deals with vocabulary range and control (depending of the level of the students, they should master a certain number of words); *grammar conventions* deal with the grammatical accuracy of the written piece; *creativity* deals with how descriptions flow and with the natural style of the writer; *spelling* is related to how the words are written, and we have assigned an orthographic control aspect since the compositions are handwritten. At this point, our criteria are too broad and we have assigned any quality levels descriptors to each of the colors for each criteria.

3.4 SELF-ASSESSMENT RUBRICS

3.4.1 COLOR-CODED RUBRIC: FIRST DRAFT

Writing Composition Rubric						
Criteria	Quality levels					
There is creativity and originality shown.						
There is a demonstration of Grammar Convention rules.						
Student shows a clear and identifiable main idea.						
The sequence of Thought follows a logical order.						
Ideas are coherently organized.						
The student provides evidence to support main idea.						
Student shows mastering of spelling.						
There is a considerable use and variety of words.						

In the second draft of the rubric we went down to five definite writing criteria:

- Creativity
- Content/format
- Development/coherence
- Grammar
- Vocabulary/Word choice

In contrast with the first draft, we have grouped the criteria under specific aspects of writing. Instead of having two criteria related to the same aspect ('the student shows a clear and identifiable main idea' and 'the student provides evidence to support main idea'), we grouped into one – content and format. We can also say that this format takes after the one already in used for compositions at the ICDA.

3.4.2 COLOR-CODED RUBRIC: SECOND DRAFT

At this point we have assigned which quality levels each color signifies according to the criteria.

Writing Composition Rubric						
Criteria	Quality levels					
	C2	C1	B2	B1	A2	A1
<i>Creativity</i>						
<i>Content/Format</i>						
<i>Development/coherence</i>						
<i>Grammar</i>						
<i>Vocabulary/Word Choice</i>						

3.4.3 SELF-ASSESSMENT COLOR CODED RUBRIC THIRD DRAFT

Written Composition Rubric						
Name:						
Course code:	Date:					
Criteria	Quality Levels					
	C2	C1	B2	B1	A2	A1
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.						
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.						
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.						
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.						
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.						

3.5 SELF-ASSESSMENT SCALE FOR ELEMENTARY LEARNER LEVELS

CRITERIA DESCRIPTION

THE BASIC USER: A1 (BREAKTHROUGH)

"The basic user has the most elementary expressions..." When it comes to communication this speaker is dependent of the "...willingness on the interlocutor to adapt to the attained level – interlocutors assistance is necessary..." (Language Policy Unit, 2001)

This Language User "can understand and use familiar everyday expressions and very basic phrases aimed at the satisfaction of needs of a concrete type". Is also capable of introducing him/herself, "...ask and answer questions about personal details such as where he/she lives, people he/she knows and things he/she has..." However a great deal of the interaction will regard on the interlocutor's patience and ability to assist this user.

Criteria	A1 (Breakthrough)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Shows little originality and mechanic thinking.
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write simple isolated phrases and sentences.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Can link words or group of words with very basic linear connectors like 'and' or 'then'.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Shows only limited control of a few grammatical structures and sentence patterns in a learnt repertory.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Domains a basic repertory of isolated phrases and words related to specific and punctual situations.

A1 User "Can Do" Statements for Writing Skills (Goverment of Saskatchewan, 2013)

1. I can print/write short messages such as post cards and birthday greetings.
2. I can print/write simple information about myself such as my name, age, address, and my favorite things.
3. I can print/write simple descriptions of everyday objects like the color of my house or a brief description of my pet.

THE BASIC USER: A2 (WAYSTAGE)

GENERAL ASPECTS

This user can "...understand sentences and frequently used expressions related to areas of most immediate relevance..." like: very basic personal and family information, shopping, local geography, employment, etc. The "Waystage" user is capable of communicating in simple situations. These can be related to family routines, to regular usage colloquial expressions that allow him/her to exchange information. (Language Policy Unit, 2001)

Criteria	A2 (Waystage)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Shows a repertory of vaguely original ideas,
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write a series of simple phrases and sentences linked with simple connectors.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Can link words or groups of words with simple connectors like 'and', 'but', and 'because'.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Uses some simple structures correctly but still systematically makes mistakes - like mixing up verb tenses or misuse of pronouns.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Masters a vocabulary that is sufficient for the expression of basic communicative needs involving familiar contexts and topics.

A2 User "Can Do" Statements for Writing Skills (Government of Saskatchewan, 2013)

1. I can write brief descriptions of common objects, events, or familiar places.
2. I can describe an aspect of daily life, an event, or a personal experience very briefly in simple language. I can include concrete details such as what, where, and when.
3. I can exchange useful information with friends in emails or short notes.
4. I can write a very simple story such as the best holiday ever or my life in the future.
5. I can write a summary sentence of a text's main ideas.

THE INDEPENDENT USER: B1 (THRESHOLD)

GENERAL ASPECTS

B1 (Threshold) user should be perfectly able to "understand the main points of clear standard input on familiar matters..." that can be normally found in work and school, for example. These user are supposed to deal with most situations likely to arise when travelling to unknown places in an area where the target language is spoken. Also, in this stage he/she starts to be independent, users become able to "...describe experiences and events, dreams, hopes and ambitions and briefly give reasons and explanations for opinions and plans..." (Language Policy Unit, 2001).

Criteria	B1 (Threshold)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Somewhat shows originality and insight of creative thinking. He/she is capable of put down in written one personal's touch.
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write straightforward connected texts on a range of familiar subjects by linking a series of shorter elements to a standard format.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Can link a series of shorter discrete elements into a connected, linear sequence of points.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Is able to communicates with reasonable accuracy in familiar contexts; noticeable influence of mother tongue, but is capable of delivering and expressing his/her intentions.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Has a sufficient vocabulary to express herself/himself on most topics pertinent to everyday life, but major errors still occur when expressing more complex thoughts or handling unfamiliar topics and situations

B1 User "Can Do" Statements for Writing Skills (Government of Saskatchewan, 2013)

1. I can write simple connected text on topics which are familiar or of personal interest.
2. I can write personal letters describing experiences and impressions.
3. I can express what I have learned, how I have learned it, and my learning goals for the future.
4. I can summarize simple writing which deals with a familiar topic.
5. I can use a writing frame to write short, simple descriptions or explanations.
6. I can work through examples from my science and math textbook

THE INDEPENDENT USER: B2 (VANTAGE)

GENERAL ASPECTS

The "Vantage" user of the language is able to "...understand the main ideas of complex text on both concrete and abstract topics, including technical discussions in his/her field of specialization..." He or she can already "...interact with a degree of fluency and spontaneity..." with native speakers. In writing, they can produce clear and detailed text on a wide range of subjects, explaining a viewpoint on an issue or topic. They are able to distinguish and discriminate information. (Language Policy Unit, 2001)

Criteria	B2 (Vantage)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Occasionally shows originality and insight of creative thinking. Is capable of imprinting somewhat his/her writing with a personal touch.
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write clear, detailed texts on a variety of topics of interest. Can evaluate different ideas or solutions to a problem. Can synthesize information and arguments from a number of sources.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Can use a limited number of cohesive devices to link text into clear, coherent discourse.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Shows a relatively high degree of grammatical accuracy and control. Errors and minor flaws in sentence structure may still occur, but they are rare and do not cause misunderstanding.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Masters a good range of vocabulary for matters connected to most general topics. Avoids frequent repetition, though some confusion and incorrect word choice does occur without hindering communication

B2 User "Can Do" Statements for Writing Skills Scale (Government of Saskatchewan, 2013)

1. I can list the advantages and disadvantages of things related to me, such as the rules and regulations in my school.
2. I can write about a personal experience, a process, or a concept being studied.
3. I can write an account of an event in history using first person narrative.

THE PROFICIENT USER: C1 (EFFECTIVE OPERATIONAL PROFICIENCY)

GENERAL ASPECTS

During this stage, the C1 proficient user is capable of understanding a wide range of demanding and longer texts. He or she is able to recognize implicit meaning and interpret by induction. "...Can express him/herself fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions..." or ideas. This user can perform effectively and effectively in language situations, whether this is a social oriented or an academic and professional scenario. (Government of Saskatchewan, 2013)

Criteria	C1 (Effective Operational Proficiency)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Shows a great deal of originality and insight of creative thinking. Is capable of imprinting his/her writing with a personal touch and express a clear sense of individuality.
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write clear, well-structured texts of complex subjects, underlining the relevant salient issues, expanding and supporting points of view at some length with secondary points, reasons and relevant examples, and rounding off with an appropriate conclusion.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Shows controlled use of organization patterns, connectors, and cohesive devices.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Consistently maintains a high degree of grammatical accuracy; errors are rare and difficult to spot.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Has a good command of a broad lexical repertory and of idiomatic expressions and colloquialisms. Shows minor slips, but no significant vocabulary errors.

C1 User "Can Do" Statements for Writing Skills

1. I can express myself in clear, well-structured text, expressing points of view at some length.
2. I can write about complex subjects in a letter, an essay or a report, underlining what I consider to be the salient issues.
3. I can select a style appropriate to the reader in mind

THE PROFICIENT USER: C2 (MASTERY)

GENERAL ASPECTS

This is practically the ultimate user. He or she can "...understand with ease virtually everything heard or read..." For them summarizing information is not an issue. They can have different spoken and written sources of information and reconstruct arguments to create and elaborate a coherent presentation or written paper. These users express themselves "...spontaneously, very fluently and precisely, differentiating finer shades of Proficient meaning even in more complex situations".(Language Policy Unit, 2001)

Criteria	C2 (Mastery)
Creativity: Student originally states or express own point of view and feelings.	Consistently shows proficiency in elaborating ideas with originality and insight of creative thinking. His/her writings express a clear and well established sense on individuality.
Content/Format: Student shows a clear and identifiable main idea and provides evidence to support it.	Can write clear, smoothly flowing, complex texts in an appropriate and effective style and a logical structure which helps the reader to find significant points.
Coherence: The sequence of Thought follows a logical order.	Creates a coherent discourse, and uses a variety of organization patterns, and a wide range of connectors and other cohesive devices.
Grammar: There is a demonstration of Grammar Convention rules.	Maintains a consistent grammatical control of complex language.
Vocabulary/Word Choice: There is a considerable use and variety of words.	Has a good command of a very broad lexical repertoire including idiomatic expressions and colloquialisms; shows a consistently appropriate use of vocabulary, and awareness of connotative levels of meaning.

C2 User "Can Do" Statements for Writing Skills

1. I can write clear, smoothly-flowing text in an appropriate style.
2. I can write complex letters, reports or articles which present a case with an effective logical structure which helps the recipient to notice and remember significant points.
3. I can write summaries and reviews of professional or literary works.

4 TASK III – SAMPLE POPULATION SELECTION

Difference in composition grades: with and without rubric			
<i>Student</i>	<i>Grade w/o rubric</i>	<i>Grade with rubric</i>	<i>Difference</i>
Diana	94	93	1
José	80	75	5
Domingo	65	51	14
Isabel	92	91	1
Estela	97	97	0
Sonia	96	97	-1
Nellys	86	75	11
Allam	95	95	0
Maria	96	95	1
Ana	85	80	5
Kelmi	95	82	13
Yvelise	97	91	6
Anthony	100	98	2
Richard	96	88	8
Average	91	86.285714	4.7142857

5 TASK IV – RUBRIC IMPLEMENTATION**IMPLEMENTATION**

Our project took place in a period of ten to fifteen weeks that fall within the duration of a cycle in the Adults Advanced program of the Instituto Cultural Dominicano Americano (ICDA), and during which four tasks are being completed. Of these ten weeks, the first two were dedicated to the first task of needs analysis by way of literature, interviews and surveys applied to both teachers and students. Rubric design is the second task, taking place between week 2 and week 5, period in which the relevant books were consulted to design an effective rubric. During the second and third week, the participants were selected among the Adults Advanced class population, provided by the coordinator of the program. The rubric implementation task is going to be held from week 3 until week 9, during which the students are assessed with written compositions twice. The last task occurs in the 10th week, which is when an evaluation of the project is done.

Project: Implementing rubrics to assess writing skills in an Adults Advanced EFL Class - Activity Chart											
Tasks	Staff	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
Task I - Needs assessment											
I. 1. Via Literature	All										
I. 2. Via Interviews	RS										
I. 3. Via Surveys	JR										
Task II - Rubric design											
II. 1. Look for materials (Books)	RS; PC										
II. 2. Develop writing rubric v1	All										
II. 3. Prepare copies of rubric	RS										
Task III - Participants											
III. 1. Select Adults Advanced group(s)	JR										
Task IV - Rubric implementation											
IV. 1. Present rubric to program coordinator	RS										
IV. 2. Teacher instruction about rubric use	All										
IV. 3. Implementation on groups	PC										
Task V - Evaluation	All										
Identification of Staff	Additional notes:										
PC = Pablo Castillo											
JR = Jayza Rosario											
RS = Ruth Sánchez											
All = All three members											

For the completion of the first task, we directly interacted with the coordinator of the Adults program, Deyvis Sanchez, and, as per our request, he provided us with four teachers that had an Adults Advanced session, and with sixteen students randomly selected from the classes currently available, whom we applied the surveys to.

In order for us to complete the fourth task, which is rubric implementation, we provided the study group's teacher with a bundle of documents that includes a self-explanatory and user-friendly set of instructions that the teacher will have to go through before implementing the rubric on either of the Adults Advanced classes, as well as with acrossreference table that expands on all the criteria descriptors according to reference levels, and, of course, the final version of the rubric to be used.

The 'Teachers Instruction Manual' is composed of six instructional points illustrated for ease of use; we went over each of these points with the teacher at the moment in which we instructed him on the use of the rubric.

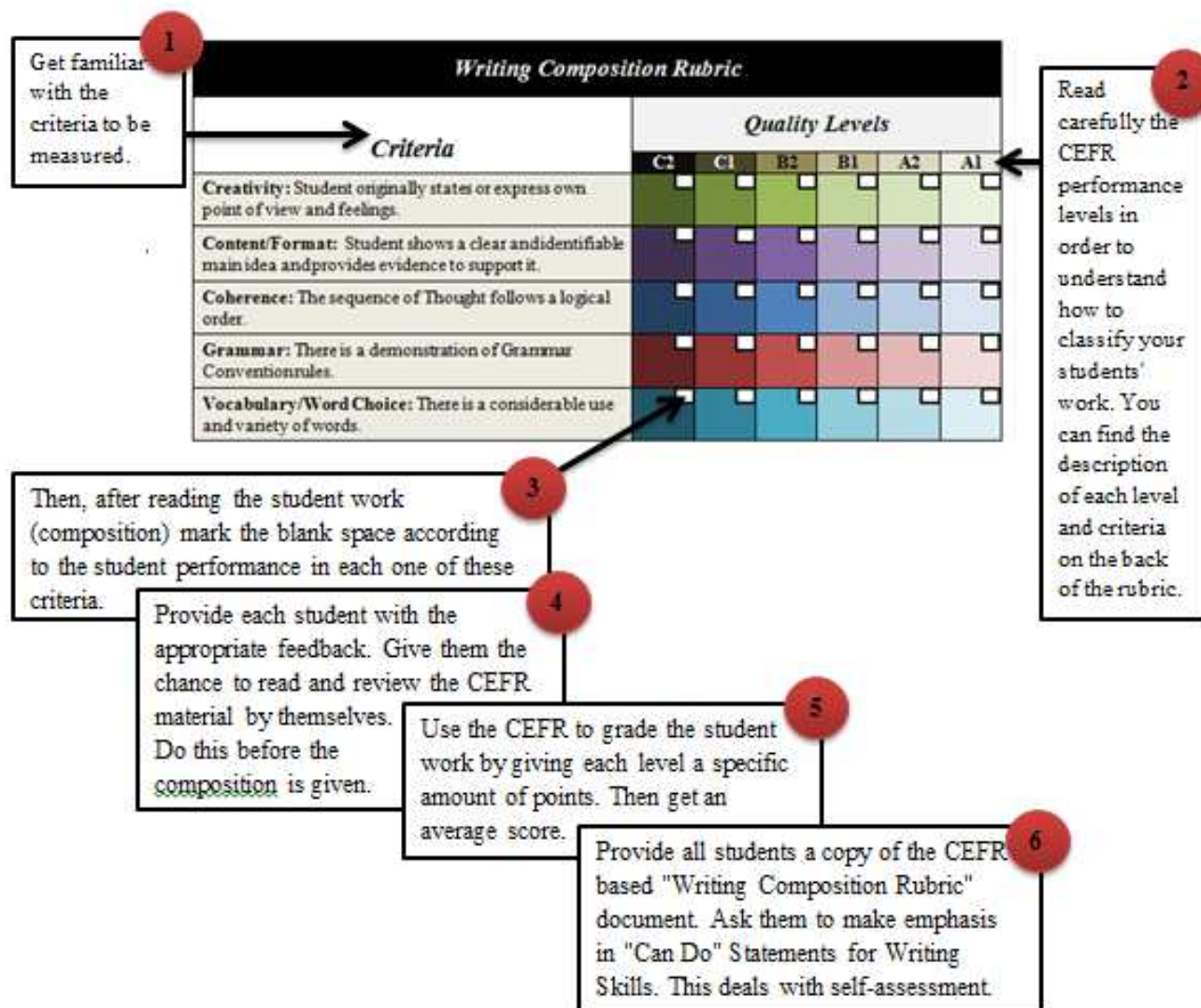
The crossreference table details all criteria and reference levels descriptions, and it strongly resembles the rubric; each level standard and criteria is explained according to the color given to that reference level and criteria, whether it's a B2 or A1, or if it's related to grammar or creativity. The teacher used to go back and forth between the table and the rubric and be sure which box to check.

Color-Coded Rubric – Teacher Manual

Note to the user:

- This document is meant to serve as a user-guide for teacher to properly and effectively implement what our rubric brings in terms of fairer and more significant assessment.

INSTRUCTIONS:



6 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

It is extremely evident that rubrics offer a tremendous potential as an assessment tool, not only for regular learners, but also for English language learners. The importance of this resides in that the assessment becomes completely authentic, and provides empowerment to the students, especially adults, who are goal-oriented and independent learners.

In order to apply our color-coded rubric for writing assessment in an EFL environment, the instructor must be aware that it is tailored to the English learner's writing skill needs. As such, we recommend that before applying it, the instructor must make the learners aware of what entitles the completion of each criteria. Nonetheless, by knowing the specific needs that each group of students have, the rubric that we proposed can also be personalized to target and fit the student's profile.

We present our conclusions and recommendations hoping that this modified rubric serves its purpose of becoming an extremely objective methodological tool, applicable not only to writing skills nor EFL environments nor adults, but also to learners of any age, any educational environment, and to all dimensions of

REFERENCES

- [1] Abedi, J. (2010). Performance Assessments for English Language Learners. Stanford, California, United States: Stanford Center for Opportunity Policy in Education.
- [2] Ager, S. (n.d.). Omniglot: The Online Encyclopedia of Writing Systems and Languages. Retrieved June 24, 2016, from <http://www.omniglot.com/writing/definition.htm>
- [3] Allen, D., & Tanner, K., (2006). Rubrics: Tools for Making Learning Goals and Evaluation Criteria Explicit for Both Teachers and Learners. *Approaches to Biology Teaching and Learning*. Vol. 5, 197–203.
- [4] Andrade, H. G. (1997). Understanding Rubrics. *Educational Leadership*, IV, 54.
- [5] Andrade, H. L, Du, Y., & Wang, X. (2008). Putting rubrics to the test: The effect of a model, criteria generation, and rubric referenced self-assessment on elementary students' writing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 27(2), 3-13.
- [6] Arter, J.A, & Chappuis, I. (2006). *Creating and recognizing quality rubrics*. Boston: Pearson.
- [7] Arter, J.A, & McTighe, J. (2001). *Scoring rubrics in the classroom*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- [8] Brookhart, S. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. United States.
- [9] *Business Dictionary*. (2016). Retrieved June 24, 2016, from <http://www.businessdictionary.com/definition/performance.html>
- [10] Coe, M., Hanita, M., Nishioka, V., & Smiley, R. (2011, December). *An investigation of the impact of the 6+1 Trait Writing model on grade 5 student writing achievement: Final report*. NCEE Report 2012-4010. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- [11] Daniels, P. T. (1996). *The world's writing systems*. Oxford: Oxford University Press.
- [12] *Diseño Curricular Nivel Primario Segundo Ciclo*. MINERD. 2014. P. 52.
- [13] Fischer, S. R. (2001). *The History of Writing*. London: Reaktion.
- [14] Goldberg, G. L., & Roswell, B. S. (1999-2000). From perception to practice: The impact of teachers' scoring experience on performance-based instruction and classroom assessment. *Educational assessment*, 6(4), 257-290
- [15] Korycinski, D. K. (2011). *Using Rubrics*. New York, West Point, United States.
- [16] Northern Illinois University, Faculty Development and Instructional Design Center. (n.d.). <http://facdev.niu.edu>. Retrieved April 2016
- [17] *Oxford Dictionaries*. (n.d.). Retrieved April 2016, from <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/ingles/rubric>
- [18] Tierney, R., & Simon, M. (2004, October 28). *PAREonline.net*. (U. o. Ottawa, Ed.) Retrieved April 2016
- [19] Zenaída Aguirre-Muñoz, C. K.-E. (2006, May). *Cresst.org*. Retrieved June 26, 2016, from <http://www.cse.ucla.edu/products/reports/r678.pdf>

UTILISATION D'UNE METHODE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION POUR LE CHOIX D'UNE STRUCTURE DE DONNEES DANS UN PROBLEME DE GESTION

Luc LUMANJI MBUNGA¹ and Patrick MUKONKI MAYEKELA²

¹Licencié en Informatique de Gestion, Section Sciences de Bases,
Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA/Kolwezi), RD Congo

²Ingénieur Civil des Mines, Département des Mines,
Université de Lubumbashi (UNILU), RD Congo

Copyright © 2017 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 addresses a problem of choosing a data structure in the context of managing information in a general ledger.

A multicriteria approach is proposed to classify structures for recording and manipulating information to general accounting. A family of criteria is proposed and a ranking approach is adopted to perform this ranking. The results obtained make it possible to obtain a certificate of aptitude for obtaining the best data structure for the management of the information at the accounting. In addition, a sensitivity study is carried out to assess the effect of the variation in weight given to each criterion on the ranking obtained.

KEYWORDS: Data structures, decision support, criteria, pseudo-criterion, weight, threshold, actors, over-ranking, soft engineering, ELECTRE.

RÉSUMÉ: Cet article aborde un problème de choix d'une structure de données dans le contexte de la gestion des informations d'une comptabilité générale.

Une approche multicritère est proposée pour classer les structures permettant d'enregistrer et de manipuler les informations liées à la comptabilité générale. Une famille de critères est proposée et une approche de sur-classement de synthèse est adoptée pour effectuer ce classement. Les résultats obtenus permettent aisément de dégager par un graphe de sur-classement pour l'obtention de la meilleure structure de données pour la gestion des informations liées à la comptabilité. Par ailleurs, une étude de sensibilité est effectuée permettant d'apprécier l'effet de la variation des poids accordés à chaque critère sur le classement obtenu.

MOTS-CLEFS: Structures de données, aide à la décision, critères, pseudo-critère, poids, seuil, acteurs, sur-classement, génie logiciel, ELECTRE.

1 INTRODUCTION

Lors de la réalisation d'un projet informatique, un professionnel du domaine passe par plusieurs étapes pour arriver à un résultat escompté.

De ce fait, se basant sur le cahier de charge du projet, un informaticien modélise le système d'information en utilisant l'une des méthodes d'analyse et de conception des systèmes d'information. Et pour matérialiser ladite modélisation, l'étape de la conception de l'application en utilisant les bases du génie logiciel est l'une des plus importantes dans une étude

informatique. Le génie logiciel nous permet non seulement de structurer et de concevoir toute l'application, mais aussi et surtout de définir le mode d'organisation des données à utiliser dans la future application.

Ayant plusieurs structures de données nous permettant d'organiser les informations, un développeur d'une application se bute très souvent à un problème de choix de la structure de données à utiliser pour l'organisation de ces dernières. La plupart de développeurs se fient à leur déclique informatique, soit à la facilité d'implémentation de la structure choisie.

Mais comment opérer un choix judicieux d'une structure de données en se basant sur les spécifications de l'algèbre formelle informatique de chacune des structures et des performances d'une structure par rapport une autre ?

D'après SEYMOUR LIPSCHUTZ, une structure de données est un modèle logique ou mathématique d'une organisation des données particulière¹.

Le choix d'un modèle de données dépend de deux types de considérations :

- Sa richesse structurelle doit être suffisamment grande pour refléter les relations effectives qui lient les données dans le monde réel,
- Il doit être suffisamment simple pour que tout un chacun puisse traiter les données en question lorsque cela lui est nécessaire.

Nous nous sommes alors résolus à intégrer une méthode d'aide à la décision pour opérer un choix sur une structure de données en tenant compte des opérations pouvant être appliquées sur la structure et la complexité d'une opération spécifique sur les différentes structures de données.

Dans cet article, nous présentons l'utilisation de l'analyse multicritère dans le choix d'une structure données dans la conception d'un programme de gestion des données comptable et l'établissement des états financiers en appliquant théoriquement une des méthodes de type **ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)**².

ELECTRE I, nous permettra de tracer un graphe de sur-classement pour une détermination objective d'une bonne structure de données adaptée au problème de gestion et de manipulations des données de la comptabilité générale.

2 THEORIE GENERALE SUR LES STRUCTURES DE DONNEES

Les structures de données spécifient la façon de représenter les données du problème considéré ; cela est nécessaire en particulier pour un traitement par un algorithme à l'aide d'un ordinateur.

Deux préoccupations principales interviendront dans le choix d'une telle structure : la place qu'elle consomme dans la mémoire de l'ordinateur et la facilité qu'elle offre quand on cherche à accéder à une certaine donnée. Les structures de données sont définies indépendamment du langage de programmation qui interviendra dans l'écriture finale du programme qui les manipulera ; on supposera néanmoins que ce langage offre les outils nécessaires (par exemple les pointeurs) pour définir et manipuler ces structures de données.

La plupart des langages de programmation permettent d'attribuer et d'utiliser la mémoire disponible de différentes façons :

- *Sous forme de variables* isolées les unes des autres dans la mémoire de la machine ; elles peuvent être d'un type prédéfini par le langage (le type entier, le type réel, etc.) ou d'un type défini par l'utilisateur à partir des types prédéfinis précédents, par exemple des types conçus pour décrire des variables comprenant plusieurs données hétérogènes.
- *Sous forme de tableaux*, c'est-à-dire d'une suite de variables de même type associées à des « cases » contiguës dans la mémoire ; cette « contiguïté » permet à l'ordinateur de savoir où sont rangés les éléments du tableau, ce qui permet d'avoir accès directement à une variable du tableau à partir d'un indice donné.
- *À l'aide des pointeurs* ou adresses ou références, indiquant la localisation dans la mémoire de l'objet auquel on s'intéresse.

¹ Seymour LIPSCHUTZ, *Les structures de données cours et problèmes*, Série Schaum, Hill inc, Paris, 1987

² <https://fr.wikipedia.org/wiki/ELECTRE>

Dans certains cas (variables isolées, tableaux statiques), la place en mémoire est attribuée par le compilateur et ne peut donc pas être modifiée au cours du programme. Dans d'autres cas (tableaux dynamiques, listes chaînées), l'attribution de la mémoire nécessaire est effectuée pendant le déroulement du programme et peut donc varier pendant celui-ci.

Les structures de données classiques appartiennent le plus souvent aux familles suivantes :

- Les structures linéaires : il s'agit essentiellement des structures représentables par des listes linéaires, c'est-à-dire des tableaux ou des listes chaînées unidimensionnelles ; on y trouve en particulier les piles, pour lesquelles les données sont ajoutées ou supprimées à partir d'une même extrémité, et les files, pour lesquelles les données sont ajoutées à une extrémité tandis qu'elles sont supprimées à l'autre ;
- Les structures arborescentes, avec la sous-famille importante des arbres binaires ;
- Les structures relationnelles : celles-ci prennent en compte des relations existant ou n'existant pas entre les entités qu'elles décrivent ; les relations binaires sont représentables sous forme de graphes orientés ou non³.

2.1 STRUCTURES LINÉAIRES ET NON LINÉAIRES

Les structures linéaires tirent leur nom du fait que les données y sont organisées sous forme d'une liste dans laquelle elles sont mises les unes derrière les autres. On peut représenter une telle liste à l'aide d'un tableau unidimensionnel ou sous la forme d'une liste chaînée. Selon la nature des opérations autorisées, on obtient différents types de **listes**, en particulier les **piles** et les **files**.

2.1.1 LISTES CHAÎNÉE

Une liste chaînée est une suite ordonnée d'éléments d'un type donné ; une liste peut contenir zéro, un ou plusieurs éléments.

La longueur d'une liste est son nombre d'éléments. Une liste vide est une liste de longueur nulle. La tête de la liste est son premier élément. La définition de la queue d'une liste n'est pas universelle ; certains la définissent comme étant le dernier élément de la liste et d'autres comme la liste obtenue en enlevant la tête⁴.

2.1.2 PILES

Une pile (stack en anglais) est une liste dans laquelle l'insertion ou la suppression d'un élément s'effectue toujours à partir de la même extrémité de la liste, extrémité appelée le début de la pile. L'action consistant à ajouter un nouvel élément au début de la pile s'appelle empiler ; celle consistant à retirer l'élément situé au début de la pile s'appelle dépiler⁵.

2.1.3 FILES D'ATTENTE

Une file est une liste dans laquelle toutes les insertions de nouveaux éléments s'effectuent d'un même côté de la liste appelé fin et toutes les suppressions d'éléments s'effectuent toujours à partir de l'autre extrémité, appelée début⁶.

2.1.4 ARBRES BINAIRES

Un arbre est un modèle de données non linéaires qui est surtout appliquée à des informations dont les éléments sont liés par des relations hiérarchiques : ensemble des valeurs des champs relatifs à une entité donnée, table des matrices, index, etc.

Un arbre est un modèle **DYNAMIQUE** et **HETEROGENE**

³ Yves GRANJON, *Informatique Algorithmiques en Pascal et en langage C*, Ed. Dunod, Paris, 1999

⁴ Gérard Swinnen. *Apprendre à programmer avec Python*. O'Reilly, 2005. *Manuel d'initiation à la programmation basé sur Python*, cité page 10

⁵ Christophe Darmangeat. *Algorithmique et programmation pour non-matheux*. Université Paris 7, Cours en ligne d'initiation à l'algorithmique. cité pages 45

⁶ Idem5

L'arbre est dynamique parce qu'on peut ajouter autant des nœuds qu'il y a d'informations. Sa taille n'est pas connue à l'avance.

L'arbre est hétérogène parce qu'un nœud peut contenir plusieurs informations de types différents⁷.

2.2 COMPLEXITÉ DES STRUCTURES DES DONNÉES

L'analyse des Algorithmes constitue un domaine fondamental dans l'étude de structures de données.

Un algorithme est une liste parfaitement définie des étapes nécessaires à la résolution d'un problème donné.

La taille des données à traiter est le critère le plus important pour pouvoir mesurer l'efficacité d'un Algorithme.

Le temps et l'espace nécessaire à un Algorithme constituent les deux objets principaux de la mesure de son efficacité.

L'évaluation de la complexité d'un Algorithme se fera généralement en précisant le cas :

- Favorable ;
- Courant ;
- Défavorable.

En général ce sera **le taux de croissance $f(n)$** que l'on devra considérer pour mieux cerner la complexité⁸.

3 AIDE A LA DECISION MULTICRITERE, INTRODUCTION AUX METHODES D'ANALYSE MULTICRITERE DE TYPES ELECTRE

3.1 INTRODUCTION

L'aide à la décision multicritère se présente comme une alternative aux méthodes d'optimisation classique basées sur la définition d'une fonction unique, souvent exprimé en terme économique (monétaire) et qui reflète la prise en compte de plusieurs critères, souvent incommensurables. L'intérêt des méthodes multicritères est de considérer un ensemble de critères de différentes natures (exprimés en unité différentes), sans nécessairement les transformer en critères économiques, ni en une fonction unique, il ne s'agit pas de rechercher un optimum, mais **une solution intermédiaire** qui peut prendre diverses formes, choix, affectation ou classement. Plusieurs méthodes existent dans la littérature, dans le cadre de cet article nous allons définir le cadre théorique et les aspects méthodologies des méthodes multicritères, de type **Electre**, spécialement **ELECTRE I**.

3.2 L'AIDE À LA DÉCISION ET LES MÉTHODES MULTICRITÈRES

L'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicites mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans le processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire ou simplement à favoriser un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part⁹. L'aide à la décision est donc un processus qui utilise un ensemble d'informations disponibles à un instant donné, afin de formuler un problème et aboutir à une décision sur un objet précis. Dans le cadre de la décision multicritère, l'objet de la décision est formé par un ensemble d'actions ou alternatives.

Selon Roy et Bouyssou, les problèmes réels peuvent être formulés à l'aide des méthodes d'analyse multicritère, selon les formulations de bases décrites dans le tableau1 : problématique de choix, noté $p\alpha$, la problématique de tri ou d'affectation noté $p\beta$ et la problématique de rangement noté $p\gamma$ ¹⁰

⁷ Ibidem5

⁸ Ibidem5

⁹ Roy B., Bouyssou, D., (1993) "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas", Economica, Collection Gestion, Paris

¹⁰ Roy B., Bouyssou D., (1992) Aide multicritère à la décision, Méthodes et cas, Economica, Paris, 695 pages.

Tableau 1 : Problématique de choix

Problématique	Objectif	Résultat
$\rho\alpha$	Eclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action. (optimums et satisfecums).	Un choix ou une procédure de sélection.
$\rho\beta$	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies a priori en fonction des normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir.	Un tri ou une procédure d'affectation
$\rho\gamma$	Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie (les « plus satisfaisantes ») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences.	Un rangement ou procédure de classement.
$\rho\delta$	Eclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences.	Une description ou une procédure cognitive.

3.2.1 DÉFINITION DU PROBLÈME ET L'OBJET DE LA DÉCISION, L'ACTION

La définition du problème requiert une compréhension de la situation étudiée, du contexte et des acteurs impliqués dans la prise de décision. L'interaction avec les différents acteurs permet de comprendre le processus de décision, les enjeux, l'objet de la décision et la nature de la décision à prendre. Il s'agit donc de définir la nature du problème posé en le formulant soit en une problématique de choix, de tri ou de rangement.

La détermination de l'objet de la décision consiste à identifier l'ensemble des actions ou alternatives sur lesquelles va porter la décision¹¹.

« Une action α est la représentation d'une éventuelle contribution à la décision globale susceptible, eu égard à l'état d'avancement du processus de décision, d'être envisagé de façon autonome et de servir de point d'application à l'aide à la décision ». C'est l'objet de la décision.

Une action est dite globale, si, dans sa mise en exécution, elle est exclusive de toute action introduite dans le modèle ; dans le cas contraire, elle est dite fragmentaire. Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins. On note A est l'ensemble des actions potentielles.

3.2.2 L'ANALYSE DES CONSÉQUENCES ET DÉTERMINATION DES CRITÈRES

Il s'agit en effet d'identifier et mesurer les conséquences des actions sur lesquelles va la décision. Les critères découlent des conséquences des actions souvent, une action a plusieurs conséquences, ainsi la conséquence d'une action selon un critère donné est évalué par une fonction g (à valeurs réelles) définies sur l'ensemble A des actions potentielles de telle sorte qu'il soit possible de raisonner ou de décrire le résultat de la comparaison de deux actions a et b relativement à partir des nombres $g(a)$ et $g(b)$. L'évaluation de l'action sera donc effectuée sur un ensemble de critères. On distingue le vrai-critère et le pseudo-critère.¹²

Pour le vrai critère, en considérant deux actions a et b à comparer, deux situations sont possibles :

$$g(b) = g(a) \Leftrightarrow b \text{ I } a \text{ (indifférence)}$$

$$g(b) > g(a) \Leftrightarrow b \text{ P } a \text{ (préférence strict)}$$

C'est une vision peu réaliste car une simple différence $g(b) - g(a)$ n'est pas significative d'une préférence stricte.

¹¹ Saaty, T.L., 1977, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", *Journal of Mathematical Psychology* 15, 234-281.

¹² Idem9

Pour le pseudo-critère on associe à la fonction critère g deux fonctions seuils q $g(g(a))$ exprimant un seuil d'indifférence et P $g(g(a))$ exprimant un seuil de préférence. (**Tableau 2**)

$g(b) \geq g(a) \Rightarrow b S_b a S_b$: « aussi bon que » ou, S est une relation de sur-classement, c'est-à-dire que b est au moins aussi bon que a sur une majorité de critères sans être vraiment plus mauvais relativement sur les autres critères. On dira dans ce cas que b surclasse a , on notera $b S_b a$ (figure 1). On introduit des seuils (constants ou fonction de g) tels que :

$$g(b)-g(a) \leq q_g(g(a)) \Leftrightarrow b I_g a$$

$$p_g(g(a)) < g(b)-g(a) \Leftrightarrow b P_g a$$

Où q_g est un seuil dit d'indifférence et P_g un seuil dit de préférence.

La situation non couverte par ces deux éventualités, à savoir :

$$q_g(g(a)) < g(b)-g(a) \leq q_g(g(a))$$

Correspond à une situation d'hésitation (Indétermination) entre l'indifférence et la préférence stricte appelée préférence faible et noté Q_g .

Ce qui peut se traduire ainsi :

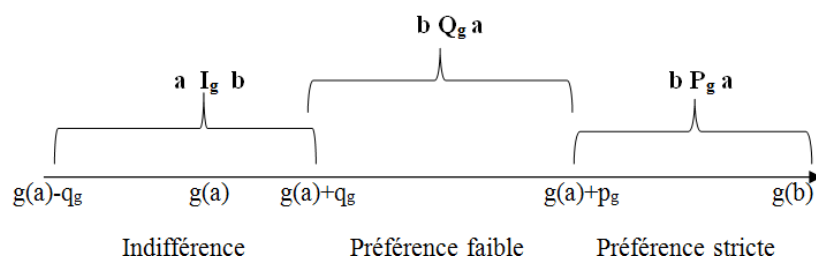


Figure.1

Tableau 2 : Situations possibles lors de la comparaison de deux actions

Situation	Définition	Relation binaire (propriétés)
Indifférence	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre deux actions.	I : relation symétrique réflexive.
Préférence stricte	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une préférence significative en faveur de l'une (identifiée) des deux actions.	P : relation asymétrique réflexive)
Préférence faible	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui infirment une préférence stricte en faveur de l'autre, soit une indifférence entre ces deux actions.	Q : relation asymétrique réflexive
Incomparabilité	Elle correspond à l'absence de raisons claires et positives justifiant l'une des trois situations précédentes	R : relation symétrique réflexive

La construction des critères est une étape délicate et qui nécessite une compréhension du problème posé et une interaction avec les acteurs impliqués dans la prise de décision. Il s'agit d'identifier les enjeux et la nature des conséquences possibles sur l'objet de la décision, c'est-à-dire les actions considérées. La définition des critères dans la décision finale. Ceci se traduit par des pondérations qui sont définies par les acteurs impliqués ou bien obtenus par un processus itératif suite à l'interaction avec les concernés¹³.

¹³ (Vincke Ph. (1989), L'Aide Multicritère à la Décision, Editions de l'Université de Bruxelles-Editions Ellipses, Bruxelles. Chapitre 5)

Les critères à retenir pour juger quelle est l'action préférée, doivent présenter les conditions suivantes :

- L'aide multicritère à la décision doit permettre de juger de l'intérêt des différentes actions entre elles. Il s'agit donc de construire une famille de critères qui puissent représenter, d'une façon aussi proche que possible, les couts et les avantages des actions, bénéfices.
- Les critères doivent être d'une part, suffisamment nombreux et précis pour bien discriminer entre elles les différentes actions, d'autre part, ne pas être redondant pour éviter de majorer l'importance attribuée à une dimension d'analyse.
- Les critères peuvent être de nature différente, on définit des familles de critères : économiques, sociaux, environnementaux, techniques. Chaque famille de critères peut contenir un ou plusieurs critères.¹⁴

Les critères doivent également vérifier des axiomes :

Axiome d'exhaustivité : si deux actions ont les mêmes vecteurs performances (mêmes conséquences pour tous les critères) alors il faut être sûr que les acteurs sont bien indifférents entre les deux actions. (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. Aide multicritère à la décision : méthodes et cas. *Édition Economica, Paris*)

Axiome de cohésion : en partant de deux actions qui sont jugées équivalentes, si l'on accroît la performance de la première sur un critère quelconque, alors elle apparaît « comme au moins aussi bonne » que la seconde action inchangée. (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. Aide multicritère à la décision : méthodes et cas. *Édition Economica, Paris*)

Axiome de non-redondance : un critère est redondant si son retrait de la famille laisse une nouvelle famille vérifiant les deux axiomes précédents.

3.2.3 CHOIX D'UNE MÉTHODE D'AIDE À LA DÉCISION MULTICRITÈRE

Cette étape dépend de la nature du problème posé. Plusieurs méthodes ont été développées, le tableau 3 identifie certaines méthodes en fonction de la nature du problème étudié.

Tableau 3 : Critères

	Nature du problème		
Critères	α (sélection)	β (affectation)	γ (classement)
Vrai critère	I	-	LI
Pseudo-critère	IS	TRI	III, IV

3.2.4 PERFORMANCE DES ACTIONS

Lorsque l'analyse des actions a conduit à la construction d'un seul critère, on peut réaliser une optimisation sur ce critère, ce qui peut être simple lorsque le nombre d'action est faible, sinon il faut avoir recours à des outils plus ou moins compliqués.

Dans le cas fréquent, où l'analyse des conséquences des actions potentielles a conduit à construire plusieurs critères, c'est l'analyse multicritère qui permet de donner des réponses au problème posé. Pour chaque action considérée, et pour chaque critère un seuil de préférence **p**, d'indifférence **q** et un seuil de veto **v** sont estimés¹⁵.

Chaque critère se voit attribué un poids **k** traduisant sa contribution dans la décision finale. Le résultat de l'analyse des conséquences est présenté dans un tableau de performances.

¹⁴ (Schärling, Alain, *Décider sur plusieurs critères*, Presses Polytechniques Romandes, 1985, 304 pages).

¹⁵ Idem¹⁰

3.3 L'AGREGATION DES CRITERES ET L'ANALYSE MULTICRITERE

Dans le cadre de cet article, on distingue entre l'approche d'agrégation classique et les approches dites de sur-classements proposés par les méthodes ELECTRE. L'approche classique se base sur l'agrégation des critères de décision en un critère unique. Elle consiste à bâtir un critère unique de synthèse en utilisant une fonction d'agrégation V en posant : $g(a)=V(g_1(a), g_2(a), g_3(a), ..., g_n(a))$.

Deux actions quelconques deviennent ainsi comparables grâce à l'utilisation des différents critères présents plus haut. Une fois obtenu le critère de synthèse, on peut simplement élaborer une prescription dans une des trois problématiques : δ, β, γ . La fonction d'agrégation V prend généralement une des deux formes :

1. Agrégation par somme pondérée : $g(a)=\sum_{j=1}^n k_j \cdot g_j(a)$
2. Aggregation additive: $g(a) = \sum_{j=1}^n k_j \cdot v_j[g_j(a)]^{16}$.

Les poids k_j sont des coefficients strictement positifs et les v_j des fonctions monotones strictement croissantes. Il n'est pas restrictif d'imposer $\sum_{j=1}^n k_j = 1$ et $0 \leq v_j \leq 1$.

Par opposition à l'approche classique, l'approche dite de sur-classement vise à construire sur l'ensemble **A (ensembles des actions)**, une relation de sur-classement globale **S** enrichissant la relation de dominance.

Elle vise à modéliser la part des préférences globales que l'on est en mesure d'asseoir de façon suffisamment probante

La relation **S** est généralement construite à l'aide d'un test de sur-classement appliqué à toutes les paires d'actions de **A**. Les méthodes ELECTRE utilisent une relation de sur-classement pour l'agrégation des critères de décision.

3.4 LA METHODE ELECTRE I

Cette méthode, permet de résoudre les problèmes multicritères de choix, cette méthode permet d'identifier le sous-ensemble d'actions offrant le meilleur compromis possible. Souvent utilisée dans le choix de projets concurrents, afin d'identifier le sous-ensemble de projets le plus performant sur la base des critères considérés. Dans le cas de la méthode Electre I, on définit de vrai-critères, on retrouve également une notion de concours dans cette méthode, retenir les meilleurs¹⁷.

On considère un ensemble **A** de **m** actions, qui représentent l'objet de la décision, dont le but est d'identifier un sous-ensemble d'actions offrant un meilleur compromis parmi l'ensemble de départ. On définit pour chaque critère une fonction d'évaluation g_j (ou $j=1$ à n , n est le nombre de critères), pour chaque critère, on évalue un poids k_j qui augmente avec l'importance du critère.

L'indice de concordance pour deux actions a et b est noté par $C(a, b)$, compris entre 1 et 0, il mesure la pertinence de l'assertion « a surclasse b », comme suit :

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} k_j}{K} \text{ avec } K = \sum_{j=1}^n k_j$$

Parmi les critères en faveur de l'action b , il peut y en avoir pour lesquels la préférence de b sur a est telle qu'elle met en cause l'affirmation préférence.

Un indice de discordance $D_{(a,b)}$ est défini :

$$D(a, b) = 0 \text{ si } \forall j, g_j(a) \geq g_j(b)$$

Sinon

$D(a, b) = \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)]$ avec δ est la différence maximale entre le même critère pour deux actions données. Cet indice, compris entre 0 et 1 est d'autant plus grand que la préférence de b sur a est forte sur au moins un critère. Enfin, un

¹⁶ Ibidem9

¹⁷ Ibidem9

seuil de concordance " c " (relativement grand) et un seuil de discordance " d " (relativement petit) sont définis et permettent de définir la relation de sur-classement S .

$$a \text{ S } b \text{ si et seulement si } = \left\{ \begin{array}{l} C(a,b) \geq c \\ D(a,b) \leq d \end{array} \right\}$$

4 UTILISATION DE L'APPROCHE MULTICRITERES DANS LE CHOIX D'UNE STRUCTURE DE DONNEES PAR LA METHODE ELECTRE I

4.1 PRÉSENTATION DU SCHÉMA LOGIQUE COMPTABLE

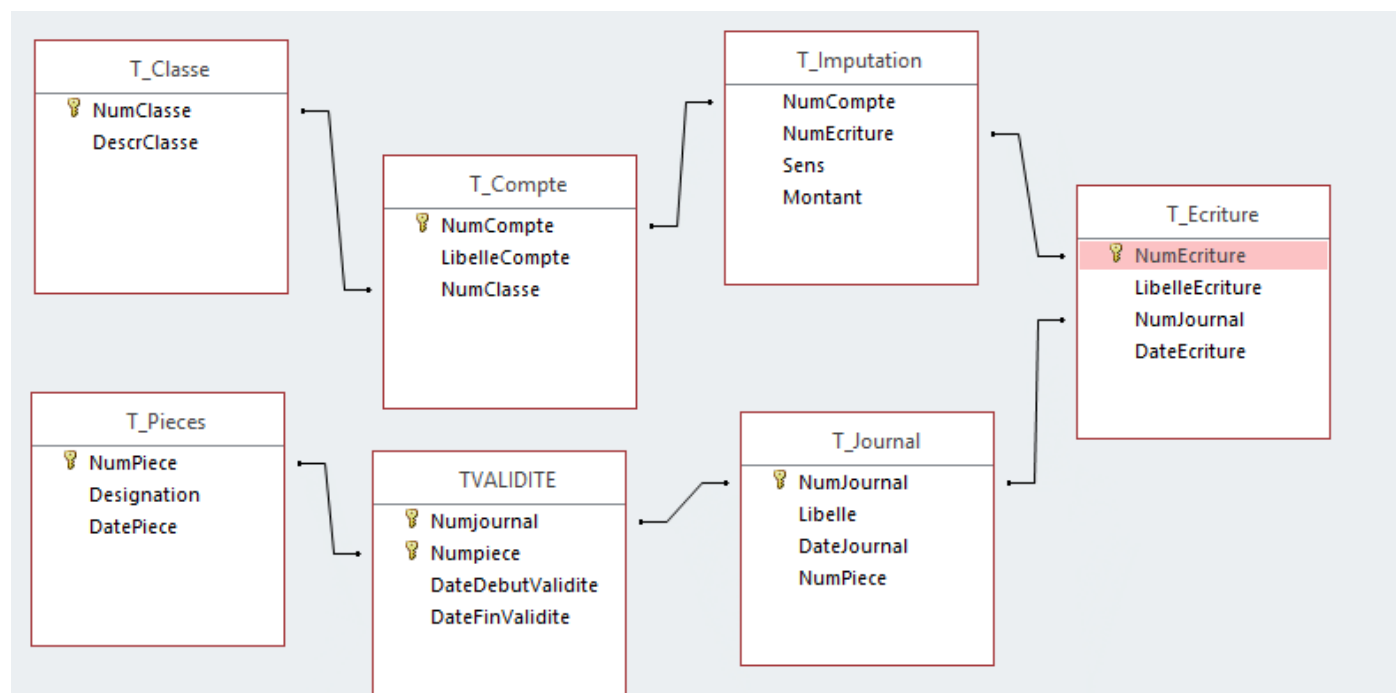


Figure.2

4.2 APPROCHE MULTICRITÈRE

Une approche multicritère a comme principale caractéristique qu'elle formalise (ou modélise) la préparation des décisions. Tout d'abord, elle améliore la transparence du processus de décision. Ensuite, elle définit, précise et met en évidence la responsabilité du décideur. Bernard Roy caractérise le paradigme multicritère comme un « nouveau schéma de pensée pour comprendre ou agir sur un système », en considérant que :

- Plusieurs critères sont à l'œuvre pour conduire le système ou guider son évolution,
- Ces critères sont, moins localement conflictuels,
- Les compromis ou arbitrages ont pour objet de conférer aux critères des valeurs compatibles avec une certaine forme d'équilibre et, s'il y a succession, cela tient au caractère transitoire de l'équilibre atteint.

Pour l'intérêt que suscite l'approche multicritère, nous avons choisi d'utiliser la méthode Electre comme méthode de choix d'une meilleure structure de données

Le but de la méthode Electre I est d'obtenir un ensemble N , le plus petit possible, tel que toute action ou solution qui n'est pas dans N est surclassé par au moins une action ou une solution de N . Un poids P_k est attribué à chaque critère k . Puis, à chaque couple d'action (a,b) , on compare les actions entre elles et on calcule l'indice de concordance $C(a,b)$ compris entre 0 et 1. Cet indice mesure l'affirmation de « a surclasse b », $a \text{ S } b$.

4.3 DESCRIPTION DU PROBLÈME PAR CRITÈRE ET POIDS PAR CRITÈRE

Nous procéderons à la détermination des critères pouvant nous amener au choix d'une structure de données. A chaque critère sera associé une valeur k_j qui déterminera le poids du critère.

Pour le présent article, nos structures de données sont évaluées sur la base de 6 critères qui sont :

- Cr_1 : Insertion d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_2 : Suppression d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_3 : Recherche d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_4 : Tri des écritures comptables dans une structure de données,
- Cr_5 : Complexité de la structure de données,
- Cr_6 : Allocation mémoire d'une structure de données,
- Cr_7 : Manipulation de la structure de données,

L'importance de chaque critère dans la prise de décision est traduite par un poids k_j tel que repris dans le tableau 4.

Tableau 4 : Critères et Poids

CRITERE	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5	Cr_6	Cr_7
POIDS (K_j)	1	1	2	1	2	2	1

4.4 MATRICE D'ÉVALUATION DES SOLUTIONS POTENTIELLES PAR CRITÈRE

Pour déterminer l'échelle de notation des valeurs, nous avons mené une enquête auprès plusieurs informaticiens, nous avons ensuite calculé la moyenne arithmétique pour chaque valeur pondérée.

Chaque structure de données est évaluée en fonction des critères retenus à l'aide d'une échelle qualitative et des scores présenté dans le tableau 5. Plus le score est élevé, plus la structure de données est performante.

La problématique à résoudre est de choisir le sous-ensemble de structure de données avec la plus performante mise en œuvre. Electre I nous permettra de par l'utilisation de la matrice de concordance et cette discordance à dégager la structure de données qui surclasse les autres

Tableau 5 : Performance

STRUCTURE DE DONNEES	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5	Cr_6	Cr_7
LISTE CHAINEES(SD1)	20	20	17	18	15	20	17
PILE (SD2)	5	5	10	0	10	16	15
FILE (SD3)	5	5	10	0	12	18	16
ARBRE BINAIRE (SD4)	20	20	20	20	16	15	10

a. Détermination de l'indice de concordance

Utilisant la formule de la concordance défini par ROY¹⁸ repris ici :

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} k_j}{K} \text{ avec } K = \sum_{j=1}^n k_j,$$

¹⁸ Ibidem9

Ainsi nous aurons :

$$\begin{aligned}
 C(SD_1, SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 ; & C(SD_2, SD_3) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,5 \\
 C(SD_2, SD_1) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,4 ; & C(SD_3, SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 \\
 C(SD_1, SD_3) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 ; & C(SD_2, SD_4) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3 \\
 C(SD_3, SD_1) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,4 ; & C(SD_4, SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 0 + 1}{10} = 0,8 \\
 C(SD_1, SD_4) &: \frac{1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,5 ; & C(SD_3, SD_4) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3 \\
 C(SD_4, SD_1) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 0 + 0}{10} = 0,7 ; & C(SD_4, SD_3) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3
 \end{aligned}$$

Nous combinerons les différents indices de concordance sous forme de matrice dans le tableau 6.

Tableau 6 : MATRICE DE CONCORDANCE

	SD ₁	SD ₂	SD ₃	SD ₄
SD ₁	-	1,0	1,0	0,5
SD ₂	0,4	-	0,9	0,3
SD ₃	0,4	0,1	-	0,3
SD ₄	0,7	0,8	0,3	-

b. Détermination De L'indice De Discordance

Utilisant la formule de la discordance défini par ROY (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Édition Economica, Paris). repris ici :

$$D(a, b) = 0 \text{ si } \forall j, g_j(a) \geq g_j(b)$$

Sinon

$$D(a, b) = \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)]$$

Ainsi pour déterminer, nous allons calculer la différence maximale :

$\delta = 20 - 5 = 15$, puis déterminer les indices de discordance,

$$\begin{aligned}
 C(SD_1, SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_2, SD_3) &: \frac{18 - 16}{15} = 0,13 \\
 C(SD_2, SD_1) &: \frac{20 - 16}{15} = 0,27 ; & C(SD_3, SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 \\
 C(SD_1, SD_3) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_2, SD_4) &: \frac{20 - 10}{15} = 0,67 \\
 C(SD_3, SD_1) &: \frac{20 - 18}{15} = 0,13 ; & C(SD_4, SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 \\
 C(SD_1, SD_4) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_3, SD_4) &: \frac{20 - 10}{15} = 0,67 \\
 C(SD_4, SD_1) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_4, SD_3) &: \frac{0}{15} = 0,00
 \end{aligned}$$

Nous allons construire la matrice de discordance sur base des valeurs reprises ci haut dans le tableau 7.

Tableau 7 : MATRICE DE DISCORDANCE

	SD ₁	SD ₂	SD ₃	SD ₄
SD ₁	-	0	0	0
SD ₂	0,27	-	0,13	0,67
SD ₃	0,13	0,0	-	0,67
SD ₄	0	0	0	-

c. Seuil de Concordance « c » Et Seuil de Discordance « d »

Pour la détermination du seuil de concordance et du seuil de discordance, la valeur sensiblement en dessous du plus grand indice de concordance et la valeur légèrement au-dessus du plus petit indice de discordance. De cette façon nous trouverons une solution non optimale, mais plus une solution compromis. Ainsi nous optons pour $c = 0.9$, $d = 0.13$

d. Graphe de Sur-classement

A l'issue du calcul des indices de concordance et de discordance, un graphe est établi où les actions sont représentées par les sommets et les représentant les sur-classements. Si une action (a_i) surclasse une action (a_k), une flèche partant de a_i et aboutissement à a_k unit les deux sommets. Cela permet de définir le noyau comme l'ensemble des actions auxquelles n'aboutit aucune flèche du noyau lui-même. La méthode Electre relevé de la problématique α : sélection de « bonnes » actions à partir de vrai critères.

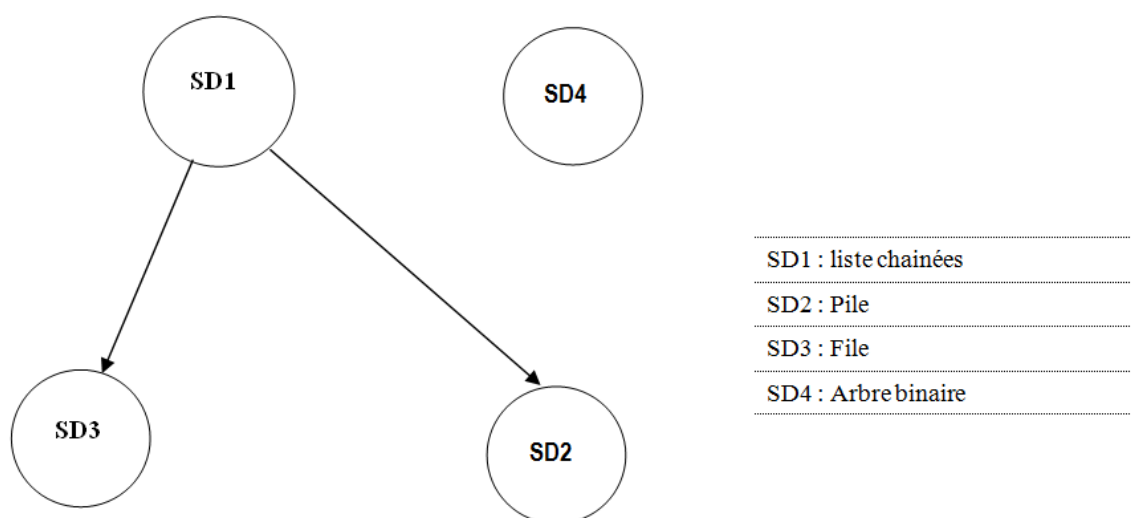
$$a \text{ S } b \text{ si et seulement si } = \left\{ \begin{array}{l} C(a,b) \geq c \\ D(a,b) \leq d \end{array} \right\}$$

SD₁ et SD₄ sont Indifférentes, nous disons qu'il existe des raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre deux structures de données : SD₁ I SD₄.

Par contre SD₁ S SD₂, SD₁ S SD₃, qu'il existe des raisons claires et positives qui justifient un sur-classement significatif en faveur de la structure de données SD₁ sur SD₂ et SD₃.

Et enfin SD₄ R SD₂, SD₄ R SD₃, SD₂ R SD₃ et qu'il y a absence de raisons claires et positives justifiant l'indifférence ou le sur-classement de SD₄ sur SD₂ et SD₃

Ainsi nous obtiendrons un graphe de sur-classement :



Les structures de données à retenir sont les structures SD1 et SD4, c'est-à-dire la liste chaînée pour SD1 et l'arbre binaire pour SD2.

5 CONCLUSION

La confrontation que nous avons effectuée a permis d'étudier en détail 4 structures de données de leur classe en fonction de notre besoin relatif aux systèmes de gestion avec les techniques multicritère d'aide à la décision de type Electre I, et ceci selon 7 critères : Insertion des données, Suppression des données, Recherche des données, Tri des données, Complexité de la structure, Allocation mémoire et Manipulation de la structure.

Ainsi la méthode utilisée de choix de la structure de données informatique nous a permis d'opter pour la liste chaînée et l'arbre binaire. La pile et la file, les deux structures sont surclassées par la liste chaînée, mais pour ce qui est de l'arbre binaire, il y a incomparabilité entre la pile et la file.

Le graphe tracé est l'expression du choix de la structure performante.

Cependant, il est clair cette confrontation a été influencée par notre perception du domaine d'application, de plus, pour certains critères, l'avis n'est pas toujours en réalité aussi binaire que le remplissage des tableaux le suggère. D'autres auteurs auraient pu remplir certaines cases de manière sensiblement différente.

REFERENCES

- [1] SEYMOUR LIPSCHUTZ, Les structures de données cours et problèmes, Série Schaum, Hill inc, Paris, 1987.
- [2] B. MUYER, Méthodes de programmation, Ed. Eyrolles, Paris, 2008.
- [3] N. Wirth, Algorithmes et structures de données, Eyrolles, Paris, 1987.
- [4] Aho, J. Hopcroft, J. Ullman, Structures de données et algorithmes, Inter Editions, Paris, 1987.
- [5] Roy B., Bouyssou, D., (1993) "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas", Economica, Collection Gestion, Paris.
- [6] Yves GRANJON, *Informatique Algorithmiques en Pascal et en langage C*, Ed. Dunod, Paris, 1999.
- [7] Vincke Ph., 1989. L'aide multicritère à la décision, Editions de l'Université de Bruxelles – Editions Ellipses, Bruxelles.
- [8] Roy B., Bouyssou, D. (1992). Aide à la décision, Encyclopédie du management, Vuibert, pp. 447-457.
- [9] Saaty, T.L., 1977, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", Journal of Mathematical Psychology 15, 234-281.
- [10] Caillet, R., Analyse multicritère : Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, CIRANO, Montréal, août 2003.
- [11] Schärting, Alain, Décider sur plusieurs critères, Presses Polytechniques Romandes, 1985, 304 pages.
- [12] Jean-Paul Delahaye. Complexités : aux limites des mathématiques et de l'informatique. Belin, 2006.
- [13] Christophe Darmangeat. Algorithmique et programmation pour non-matheux. Université, Paris 7.
- [14] <https://fr.wikipedia.org/wiki/ELECTRE>

Evaluation de la performance d'une station d'épuration de type lagunage à boues activées : Cas de la STEP Skhirat, Maroc

M. Lakhliji, O. El Rhaouat, D. Belghyti, and K. El Kharirim

Laboratoire de Biotechnologie, Environnement et Qualité. Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP 133, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to evaluate the performance of the sewage treatment plant of the lagunage type with activated sludge located in the town of Skhirat of the area Rabat-Sale-Kenitra in the vicinity of the Atlantic Ocean. Sampling was carried out monthly during the year 2013 follow- up by specific physicochemical analyses in terms of the chemical demand for oxygen (DCO), the biological request oxygenates of them (DBO₅) and suspended matter measures it (SM). These parameters are measured at the laboratory by the device DCOmètre, DBOmètre as well as SM by a cellulose membrane filter. On the level of this sewage treatment plant, the output acquired in terms of DCO, DBO₅ and SM is respectively of annual percentage average of about 87,26%, 88,35% and 68,37% what is very significant on the level downstream of this STEP and conforms to the national standards and international ; this is confirmed by the Test t unilateral for two matched samples represented by one p-value 0.0001 significant for the difference between the averages of entry and exit of the STEP. As well as the ratios of DCO/DBO₅ and DBO₅/DCO, indicate to us that the biodegradability is not difficult, represented respectively by values of about 2,05 and 0,49 what means that this station uses a kind of satisfactory biological treatment.

KEYWORDS: Waste waters, physicochemistry, performance, STEP Skhirat, Morocco.

RESUME: Cette étude a pour objectif d'évaluer la performance de la station d'épuration de type lagunage à boues activées située dans la ville de Skhirat de la région Rabat-Salé-Kenitra au voisinage de l'océan atlantique. L'échantillonnage a été réalisé mensuellement au cours de l'année 2013 suivi par des analyses physico-chimiques spécifiques en termes de la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO₅) et la mesure de la matière en suspension (MES). Ces paramètres sont mesurés au laboratoire par l'appareil DCOmètre, le DBOmètre ainsi que la MES par un filtre membranaire cellulosique.

Au niveau de cette station d'épuration, le rendement acquis en termes de DCO, DBO₅ et MES est respectivement de pourcentage moyen annuel de l'ordre de 87,26 %, 88,35 % et 68,37 % ce qui est très significatif au niveau aval de cette STEP et conforme aux normes nationales et internationales ; ceci est confirmé par le Test t unilatéral pour deux échantillons appariés représenté par une p-value 0,0001 significative pour la différence entre les moyennes d'entrée et de sortie de la STEP. De plus les ratios de DCO/ DBO₅ et DBO₅/DCO, nous indiquent que la biodégradabilité n'est pas difficile, représentés respectivement par des valeurs de l'ordre de 2,05 et 0,49 ce qui signifie que cette station utilise un type de traitement biologique satisfaisant et plus performant.

MOTS-CLEFS: Eaux usées, physico-chimie, performance, STEP Skhirat, Maroc.

1 INTRODUCTION

Le Maroc a connu pendant ces deux dernières décennies une évolution remarquable dans la construction des stations d'épurations des eaux usées urbaines et industrielles, ce qui a abouti à une diminution de la pollution en matière des rejets

domestiques et industriels. Le nombre de station d'épuration ne cesse pas d'augmenter en raison du taux évolutif de la population urbaine et de la modernisation.

Dans la présente étude, la station d'épuration de la ville de Skhirat a été évaluée au niveau de sa performance en termes d'abattement de trois paramètres essentiels même dans le dimensionnement de STEP soient la DCO, la DBO5 et la MES.

En effet, la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) présente l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût en cas de sécheresse, de réduire les rejets de nutriments dans le milieu récepteur et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. Par définition, la REUE recouvre deux notions complémentaires : Le traitement puis la réutilisation pour différents usages afin de combler les déficits hydriques.

Cependant, la réutilisation des eaux usées, ou recyclage, consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Le recyclage remplit donc un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués mais l'entretien des réseaux de traitements en stations d'épuration génèrent plusieurs sortes de sous-produits. Parmi ce sous-produit, il y a les boues d'épuration qui sont principalement constituées de particules solides non retenues par les prétraitements en amont de la station d'épuration et qui peuvent faire l'objet d'un engrais en agriculture ainsi que le biogaz qui peut être valorisé en plusieurs voies avec une purification en amont.

2 MILIEU

La zone d'étude s'étale sur une superficie d'environ 600 ha et fait partie de la commune urbaine de Skhirat qui se situe à une vingtaine de kilomètre au sud-ouest de la ville de Rabat. Elle est limitée par les communes de Harhoura et Ain Atiq au nord et par les communes Essabah et Charrat au sud.

La zone d'étude fait partie du plan d'aménagement urbain de la ville de Skhirat. Au Nord, on note une extension importante de la zone industrielle qui dépasse la surface délimitée par le plan d'aménagement.



Fig. 1. Situation géographique de la STEP de la municipalité de Skhirat

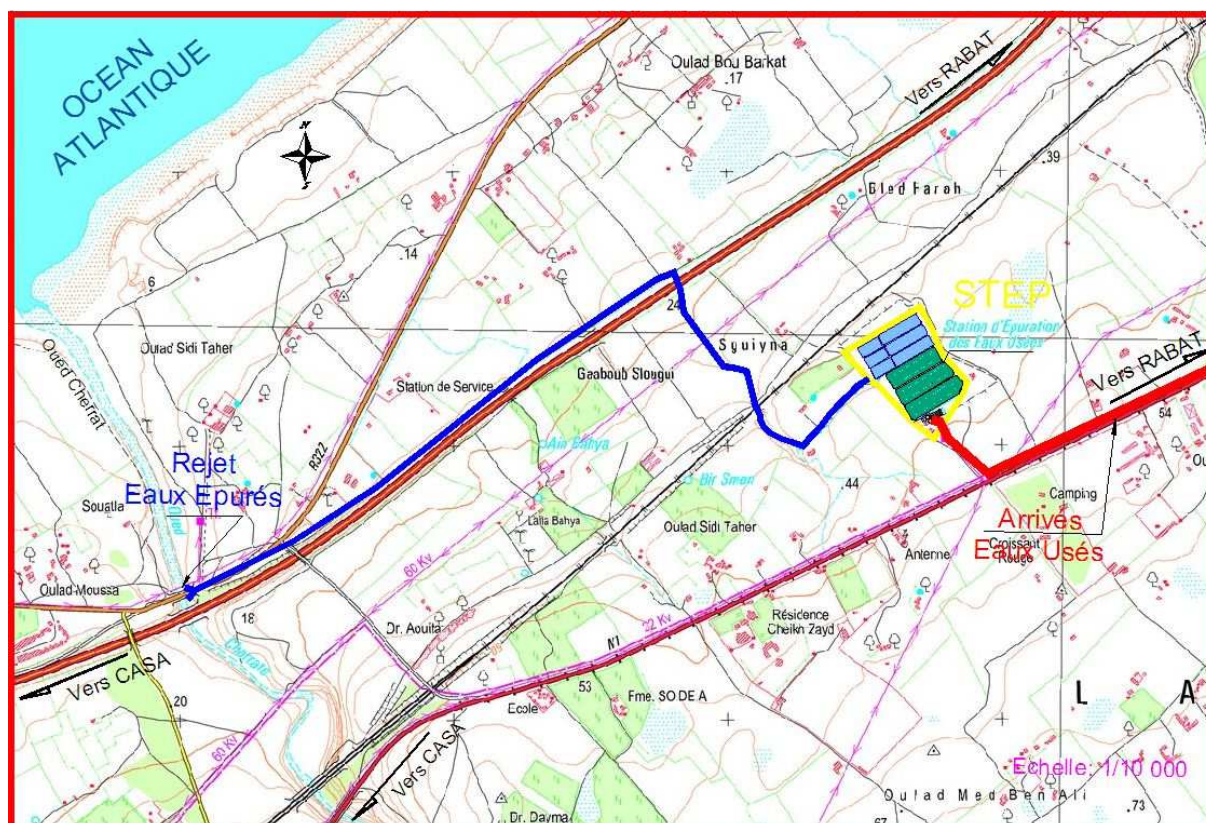


Fig. 2. Situation géographique de la STEP de la municipalité de Skhirat

La population de la commune urbaine de Skhirat, selon les derniers recensements de 1994, 2004 et 2014, comptait respectivement 29599, 43025 et 59598 habitants soit un taux d'accroissement moyen interannuel de 3,8 %. Le climat de la zone est de type subhumide avec une température moyenne annuelle de la région proche de 18°C et une pluviométrie annuelle moyenne qui est de l'ordre de 500 mm en variant d'une année à l'autre.

3 MATERIEL ET METHODES

L'échantillonnage a été effectué par des prélèvements mensuels pendant une année avec quatre prélèvements pour chaque mois ainsi que les sites d'étude ont été choisis significativement à l'entrée et à la sortie de la STEP de la ville Skhirat (région Rabat-Salé-Kenitra). Par la suite la conservation des prélèvements des eaux usées a été faite selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après [1].

La mesure de la MES a été réalisée par un filtre membranaire cellulosique de diamètre de 0,45 μm [2], de plus la DBO_5 a été mesurée par un oxytop à température 20°C pendant cinq jours d'incubation ainsi la DCO par un spectrophotomètre. L'analyse statistique faite dans cette étude est le Test t pour deux échantillons appariés / Test unilatéral à droite par le logiciel Xlstat version 2014 pour essai gratuit.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

La valeur moyenne annuelle de la MES (342,5 mg/l) de la station de Skhirat au Maroc est inférieure à celle enregistrée (658,45 mg/l) à l'entrée de la station d'épuration de Nouakchott [3] ainsi que celles [4, 5].

La valeur moyenne annuelle de la DCO (345,5 mg d' O_2 /l) enregistrée à l'entrée de la STEP de Skhirat est très inférieure à celle de Nouakchott (1806,76 mg d' O_2 /l) ainsi que [4,5]. De plus, la valeur moyenne annuelle de la DBO_5 (184 mg d' O_2 /l) est notée comme inférieure à celle de la STEP de Nouakchott (538,31 mg d' O_2 /l) à son entrée [3] et celles [4, 5].

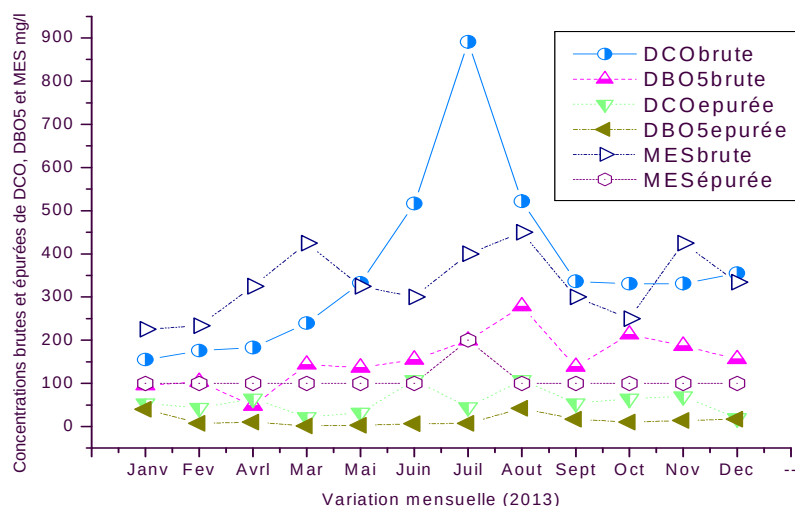


Fig. 3. Concentration brute et épurée de DCO, DBO5 et MES comparée aux normes

La biodégradabilité est la capacité des micro-organismes à dégrader la matière organique. Si $DCO/DBO_5 = 3$, ce rapport souligne une charge organique bien biodégradable. Le rapport DBO_5/DCO fournit des indications importantes sur l'origine de la pollution des eaux usées [6] et le traitement convenable à réaliser.

Si le rapport est supérieur à 3 la matière organique est considérée mal biodégradable et le traitement convenable est tout à fait chimique à l'inverse s'il est inférieur à 3 dans ce cas la charge organique est biodégradable avec un traitement biologique.

Cependant à des taux de DBO_5/DCO supérieures à 0,30, les procédés biologiques sont plus efficaces que les procédés physico-chimiques [7], c'est le cas des eaux usées de la ville de Skhirat à la sortie de la STEP avec un ratio DCO/DBO_5 de 2,05 et un ratio DBO_5/DCO de 0,49 soulignant une exigence d'appliquer un traitement biologique satisfaisant.

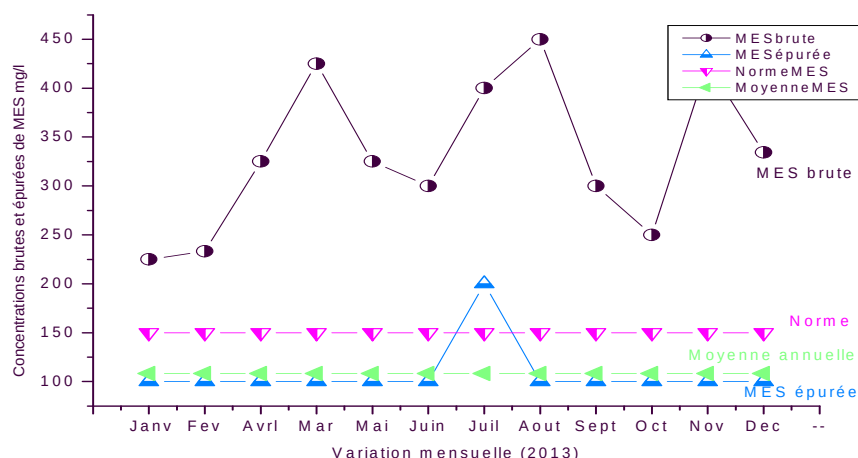


Fig. 4. Variation mensuelle de la MES brute et épurée comparée à la norme

La valeur de la MES est de l'ordre de 342,5 mg/l en perturbant l'écosystème et limite le phénomène de la photosynthèse avec un ratio de MES_e/DBO_5 de l'ordre 5,06 ; ce qui se traduit par une diminution de la demande biologique en oxygène en similarité avec un bon abattement de ces deux paramètres la MES et la DBO_5 respectivement de l'ordre de 68,37 % et 88,35 % qui est à son tour supérieur à celui de [8] (66 % en MES et 87 % en DBO_5) à l'inverse de [9] avec 86,4 % en MES et 90,99 % en DBO_5 .

Malgré le pic élevé en Juillet, cela peut être considéré comme un point aberrant et il est expliqué par la moyenne annuelle qui est en général inférieure à la norme imposée.

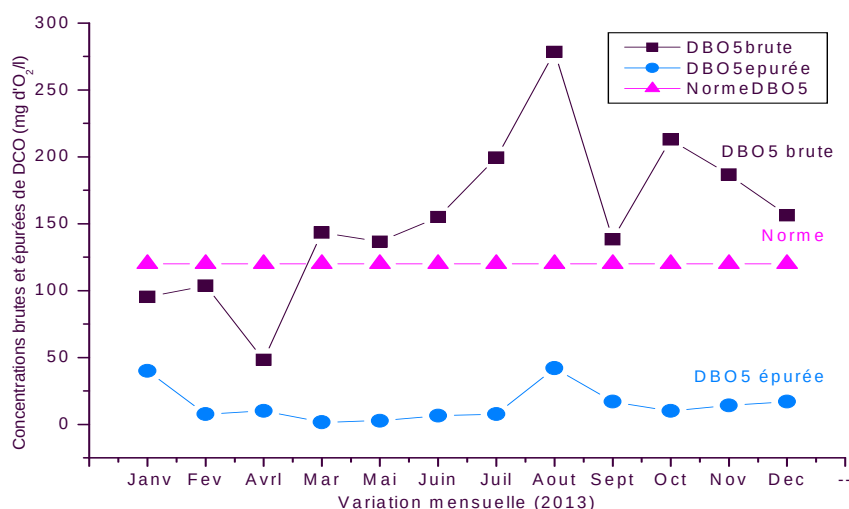


Fig. 5. Variation mensuelle de la DBO5 brute et épurée comparée à la norme

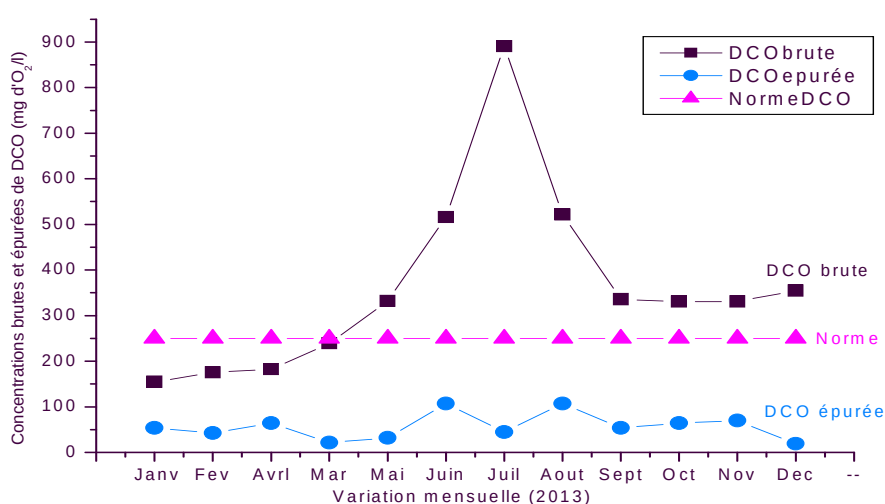


Fig. 6. Variation mensuelle de la DCO brute et épurée comparée à la norme

En plus, le rendement épuratoire de la station d'épuration de Skhirat en termes de la DCO est significatif avec de 87,26 % de réduction de la matière oxydable, presque supérieur au travail de [8] (81% en DCO) à l'inverse de celui [9] avec 89,99 % en DCO, qui est conforme aux normes de rejet de STEP, ce qui explique que l'état de fonctionnement de la station est efficace. Idem pour la demande biologique en oxygène (DBO₅).

APPLICATION DU TEST STATISTIQUE T DE STUDENT POUR DEUX ÉCHANTILLONS APPARIÉS (TEST UNILATÉRAL À DROITE)**Tableau 1 : Statistique descriptive de DCO_b et DCO_e**

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
DCO _b	12	154,8900	890,7000	363,8183	203,8262
DCO _e	12	19,2000	107,5200	56,8575	28,6776

Test t pour deux échantillons appariés / Test unilatéral à droite :

L'intervalle de confiance à 95% autour de la différence des moyennes est : (204,04, +Inf)

Tableau 2 : Test t de Student

Différence	306,9608
t (Valeur observée)	5,3561
t (Valeur critique)	1,7959
DDL	11
p-value (unilatérale)	0,0001
alpha	0,05

H₀ : La différence entre les moyennes est égale à 0 et H_a : La différence entre les moyennes est supérieure à 0 (c.-à-d. moyenne (Eaux usées brutes) > moyenne (Eaux usées épurées)).

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a. Donc Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H₀ alors qu'elle est vraie est inférieur à 0.01%.

Tableau 3 : Statistique descriptive de DBO_{5b} et DBO_{5e}

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
DBO _{5b}	12	48,2500	278,5000	154,5175	60,2605
DBO _{5e}	12	1,6000	42,0000	14,6667	13,2263

Test t pour deux échantillons appariés / Test unilatéral à droite :

L'intervalle de confiance à 95% autour de la différence des moyennes est : (109,79, +inf)

Tableau 4 : Test t de Student

Différence	139,8508
t (Valeur observée)	8,3574
t (Valeur critique)	1,7959
DDL	11
p-value (unilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

Interprétation du test :

H₀ : La différence entre les moyennes est égale à 0 et H_a : La différence entre les moyennes est supérieure à 0 (c.-à-d. moyenne (Eaux usées brutes) > moyenne (Eaux usées épurées)).

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a. Donc le risque de rejeter l'hypothèse nulle H₀ alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

En conclusion, l'analyse statistique réalisée sous forme de test t de soudent unilatéral à deux échantillons appariés, nous a donné une différence supérieure à 0 entre les moyennes des paramètres physico-chimiques de DCO, DBO5 et la MES à l'entrée et à la sortie de cette STEP de Skhirat. Ce test est significatif à p-value 0,0001 en rejetant l'hypothèse nulle en acceptant l'hypothèse alternative ; ce qui nous explique que l'abattement de cette station est efficace.

En parallèle, les ratios de DCO/DBO5 et DBO5/DCO enregistrés se concordent avec le fonctionnement continu et conforme au système de traitement biologique.

REFERENCES

- [1] ISO 5667/3., (1994). Qualité de l'eau - échantillonnage - guide pour la conservation et la manipulation des échantillons.
- [2] J. RODIER., (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition, *Denod*, Paris, 1383 p.
- [3] Ould Abdlkader C., Mohamed Vall M.A., Khyar O.D.T., Ould Mohamedou E., Ould Kankou M. O. S., Daha O.M., Mamadou D., Khadijetou M.M., El Rhaouat O., El Kharrim K and Belghyti D., (2015). Caractérisation physico - chimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott (Mauritanie), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol. 11 No. 1, pp. 96-102.
- [4] Belghyti D., Elguamri Y., Ztit G., Ouahidi My. L., Joti My b., Harchrass A., Amghar H., Bouchouata O., El kharrim K et Bounouira H., (2009). Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc, *Afrique Science* 05(2), pp 153 – 216.
- [5] El Rhaouat O., El Kherrati I., El khayyat F., Chiguer H., Ezziani K., Ibeda A., Fareh M., Saidi Y., El Kharrim K., Belghyti D., (2014). Physic-Chemical Evaluation of Urban Wastewater of the Town of Sidi Kacem. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 3, 30.
- [6] Suschka J., Ferreira E., (1986). Activated sludge respirometric measurements. *Water Reserch*, 20, 2, 137-144.
- [7] Alvares-Vazquez H., Jefferson B., Judd S.J., (2004). Membrane bioreactors vs. Conventional biological. *Chem. technical, Biotechnol*, 79: 1043-1049.
- [8] Maiga A.H., Konate Y., Wethe J., Denyigba K., Zoungrana D., Togola L., (2006). Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. *Sud Sciences & Technologies* ; N°14.12 p.
- [9] Raweh S., Belghyti D., Al-zaemey A.B., El guamri Y et Elkharrim K (2011). Qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de S'anaa. (Yémen) *Int. J. Biol.Chem. Sci.* ISSN 1991-8631. 5(1) : pp 1-10.

