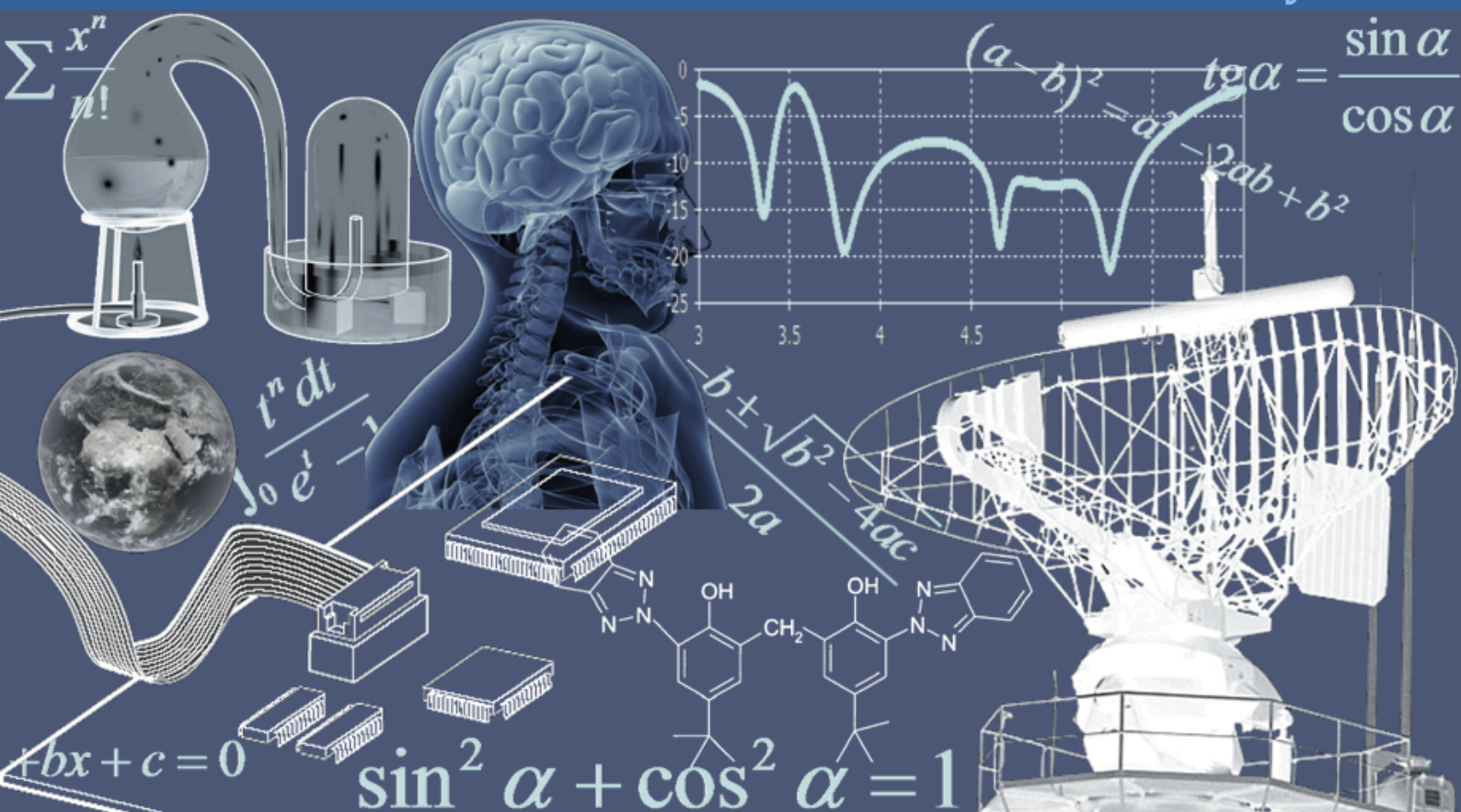


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 15 N. 4 May 2016



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

Agregación jerárquica para la priorización de requisitos de software	731-736
Fuzzy cognitive maps and computing with words for modeling project portfolio risks interdependencies	737-742
Grupo Focal y Procesos de Jerarquía Analítica para la determinación y ponderación de los factores críticos de éxitos en los proyectos de software	743-746
Delineating groundwater potential zones in Western Cameroon Highlands using GIS based Artificial Neural Networks model and remote sensing data	747-759
Caractérisation et identification de deux espèces du genre <i>Clarias</i> (<i>C. gariepinus</i> et <i>C. ngamensis</i>) dans la région de Lubumbashi, RD Congo	760-767
CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF SECONDARY SCHOOL AGRICULTURE CURRICULUM IN KENYA'S ARID AND SEMI ARID COUNTIES: THE STUDENT'S PERSPECTIVE	768-778
Instabilité Financière et Nécessité de la Régulation	779-798
MODELISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA COMOE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE	799-811
Analyse comparative des normes comptables appliquées à la finance participative - Cas de la Mourabaha -	812-821
Etude de l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des conceptions des élèves du secondaire qualifiant relatives au concept de respiration	822-829
Variabilité pluviométrique et impact sur le bilan hydrique des sols sous culture d'ananas au Sud-Bénin	830-845
Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Zerhoun -Maroc-	846-863
Apport des éléments traces métalliques des eaux de la mine souterraine de Kipushi à la rivière Kafubu (RD Congo)	864-871
PREVALENCE OF VISUAL IMPAIRMENT AMONG DIABETIC PATIENTS IN THE KUMBA URBAN AREA, CAMEROON	872-876
SCREENING OF THREE VARIETIES OF PEPPER (<i>CAPSICUM</i> SPP) IN DELTA STATE POLYTECHNIC, OZORO NIGERIA	877-880
ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET ACTIVITE ANTI-OXYDANTE D'EXTRAITS DE PLANTES DE CÔTE D'IVOIRE UTILISEES DANS LE TRAITEMENT TRADITIONNEL DES HEMORROÏDES	881-893
Les inégalités éducatives se nourrissent-elles des inégalités sociales ? Réponse à partir d'une étude comparative (Région maghrébine versus région sud-est asiatique)	894-907
Phenotypic and genotypic profile of hospital bacteria isolated from four Moroccan hospitals between 2011 and July 2013	908-913
Angioléiomyome rétropéritonéal abdominal: à propos d'une observation Marocaine	914-918
Vers une reconnaissance du droit à la terre par le droit international des droits de l'homme	919-925
Evaluation de la qualité du cotrimoxazole 480mg comprimé générique vendu dans la ville de Douala (Cameroun)	926-935
Effet de substitution de tourteau palmiste par le foin de <i>Moringa oléifera</i> dans la ration, sur la croissance de poulet de chair de souche ISA 715	936-942
INFORMATISATION DE L'INSTITUT NATIONAL DE SECURITE SOCIALE : ANALYSE STRATEGIQUE DU CENTRE DE TRAITEMENT INFORMATIQUE	943-951
Arabic Calligraphy and New Technologies for a Different Approach to Craft and Mass Production	952-961
La contribution de la femme rurale au revenu de ses ménages dans l'ouest algérien	962-969

Agregación jerárquica para la priorización de requisitos de software

[Hierarchical aggregation for software requirement prioritization]

Miriam Peña González, Leili Genoveva Lopezdomínguez Rivas, and Sol David Lopezdomínguez Rivas

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

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A key goal of any engineering and software engineering in particular, is the quality of the final product. Software quality is often determined by the ability to meet the needs of customers and end users, as obtained as software requirements. To satisfy that needs is important a correct requirement engineering process in general, and a correct requirement prioritization in particular. Prioritizing software requirements is a complex decision making process. Traditional approaches do not perform aggregation of criteria with sufficient flexibility and adaptability to the specific contexts of organizations. In this paper we propose a requirements prioritization method that uses hierarchical aggregation process for information fusion. The proposal allows the inclusion of aspects such as the importance of the criteria and simultaneity. To demonstrate the applicability of the proposal a case study is developed. The paper ends with further work recommendations for extending the method.

KEYWORDS: requirements prioritization, aggregation operators, requirements engineering, WPM.

RESUMEN: Una meta fundamental de cualquier ingeniería y en particular la de software en particular, radica en lograr productos de calidad. Para satisfacer estas necesidades resulta importante la realización de una correcta ingeniería de requisitos y especialmente su priorización. La priorización de requisitos de software es un proceso complejo de toma de decisiones. En los modelos existente falta la suficiente flexibilidad y adaptabilidad a los contextos específicos de las organizaciones. En el presente trabajo se propone un método de priorización de requisitos que hace uso de los operadores de agregación de forma jerárquica. La propuesta permite la inclusión de aspectos tales como la importancia de los criterios y la simultaneidad. Un estudio de caso muestra aplicabilidad de la propuesta. El artículo finaliza con propuestas de trabajos futuros que contribuyan a la aplicabilidad del método.

PALABRAS-CLAVE: priorización de requisitos, operadores de agregación, WPM, ingeniería de requisitos

1 INTRODUCCIÓN

Un objetivo fundamental de cualquier ingeniería y de la ingeniería de software en específico, es la calidad de su producto final. La calidad del software como sistema de información está frecuentemente determinada por la habilidad para satisfacer atributos de calidad basados en la información contenida en las necesidades de los clientes y usuarios finales, obtenidas y especificadas como requisitos de software o derivadas de ellos. Una correcta definición y análisis de los requisitos es uno de los factores que contribuyen al éxito de los proyectos de software [1, 2]. La priorización de requisitos (PR) es un proceso complejo de toma de decisiones mediante el cual se determina que funcionalidades son adecuadas a incluir en cada

liberación del producto software a desarrollar [3]. Ha sido tratada por numerosos autores como una de las actividades con mayores niveles de complejidad en la Ingeniería de Requisitos y fundamental para el éxito de los proyectos [4-14].

Generalmente los proyectos tienen más requisitos candidatos de los que las restricciones en tiempo y costo les permiten implementar. La PR ayuda a identificar el conjunto que son críticos para el éxito del proyecto, los que serán ubicados en las primeras liberaciones, dejando los triviales para entregas más tardías. Esto permite ordenar el conjunto total de requisitos, permitiendo la formación de subconjuntos y su asignación a cada liberación [4].

Un modelo comúnmente usado para la PR incluye los siguientes pasos que pueden ser iterados durante todo el ciclo de vida [4]:

- selección de uno o más criterios de priorización,
- asignación de valores a los criterios seleccionados por parte de uno o más involucrados,
- agregación de los criterios para lograr un orden final de los requisitos.

En las etapas iniciales de un proyecto de desarrollo de software los requisitos generalmente son imprecisos. En la medida en que el proyecto avanza y el entendimiento del producto crece los requisitos se especifican con mayor nivel de detalle. La priorización de requisitos es un proceso que puede hacerse en distintos momentos del ciclo de vida, con requisitos a diferente nivel de abstracción.

Los requisitos son priorizados teniendo en cuenta diferentes variables, impuestas por las necesidades y contexto de las organizaciones. Berander y Andrews [15] definen un conjunto de variables que incluyen importancia, efectos desfavorables, costo, tiempo, riesgo, volatilidad entre otros. Wieger [16] propone un método basado en valor, costo y riesgo de los requisitos. Avesani y otros autores [17] clasifican las variables en aspectos de negocio (ej. competencia del mercado, regulaciones), satisfacción del cliente y aspectos técnicos (ej. costo del desarrollo).

Estos criterios son agregados en los métodos existentes a fin de calcular un valor único de prioridad asignado a cada requisito. No obstante la agregación de los criterios no es lo suficientemente flexible y adaptable a los contextos específicos de las organizaciones. La agregación y fusión de la información procedentes de distintas fuentes para dar una salida única que de alguna forma sintetice la información original y brinde soporte a la toma de decisiones es un área de trabajo activa [18].

El objetivo de este trabajo es presentar un método para la priorización de requisitos basado en el empleo de operadores de agregación en forma jerárquica para la fusión de la información. El trabajo continúa de la siguiente forma. En la Sección 2 se presenta un estado del arte de la agregación de información. En la Sección 3 se propone el modelo de agregación para la priorización de los requisitos y en la Sección 4 un caso de estudio. El artículo finaliza con las conclusiones y trabajos futuros.

2 OPERADORES DE AGREGACIÓN

La agregación de la información consiste en el proceso de combinar distintos datos brindando una única salida. Los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada para la fusión de la información. Combinan n valores en un dominio D y devuelven un valor en ese mismo dominio [18].

Denominando esas funciones $\mathbb{C}$ [18], los operadores de agregación son funciones de forma:

$$\mathbb{C}: N^n \rightarrow N \quad (1)$$

Los operadores de agregación presentan múltiples aplicaciones en diversos áreas [19]. En la toma de decisiones su papel fundamental está en la evaluación y en la construcción de alternativas[18].

Cada una de las familias de operadores presenta características que les permiten modelar determinadas situaciones. La media ponderada (WA por sus siglas en inglés) posibilita asignar peso a las fuentes de información lo que permite su empleo para representar fiabilidad o importancia/preferencia. Por su parte la familia de operadores OWA (ordered weighted averaging o traducido al español media ponderada ordenada)[20] posibilita la compensación o dar peso a los datos en dependencia de sus valores. Las integrales difusas [21] permiten modelar redundancia, complementariedad e interacciones entre criterios. Sin embargo los operadores no son adecuados para expresar las propiedades expresadas en el razonamiento humano[22].

2.1 MEDIA POTENCIA PESADA

El operador de agregación media de potencia pesada (del inglés, weighted power mean, WPM) permite expresar grado de simultaneidad e Importancia relativa de las entradas (Pesos). Adicionalmente posibilita la construcción de modelos jerárquicos de agregación [23]. La r -ésima WPM es definida de la siguiente forma:

$$M_n^{[r]}(\underline{a}, \underline{w}) = (\sum_{i=1}^n a_i^r w_i)^{\frac{1}{r}} \quad (2)$$

donde $w_i \in [0,1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ y r puede ser seleccionadas para lograr propiedades lógicas deseadas. Para la determinación de los pesos correspondientes a cada característica y sub-características se es posible la utilización de AHP [24].

La media WPM) utilizando el modelo jerárquico de agregación denominado modelo de puntuación lógica de preferencias (LSP por sus siglas en inglés) [23] .

Una de las principales fortalezas del modelo LSP es que puede modelar diferentes relaciones lógicas entre atributos y sub-características de manera que reflejen las necesidades de los diferentes participantes en el proceso de evaluación .En la tabla 1 se muestran los principales operadores.

Tabla 1. Valores de Funciones de Conjunción/Disyunción Generalizada

Tipo de polarización	Intensidad de la polarización	Símbolo	Valor de r
Disyunción	El más fuerte	D	$+\infty$
	Muy fuerte	D++	20.63
	Fuerte	D+	9.521
	Medio Fuerte	D+-	5.802
	Medio	DA	3.929
	Medio Débil	D-+	2.792
	Débil	D-	2.018
	Muy Débil	D--	1.449
Neutral		A	1
Conjunción	Muy Débil	C--	6.19
	Débil	C-	2.619
	Medio Débil	C-+	-0.148
	Medio	CA	-0.72
	Medio Fuerte	C+-	-1.655
	Fuerte	C+	-3.510
	Muy fuerte	C++	-9.06
	El más fuerte	C++	$+\infty$

El decisor puede utilizar dos parámetros en el proceso de agregación [23]:

- Grado de simultaneidad (andness).
- Importancia relativa de la entrada (pesos).

Un aspecto interesante de este operador es que permite agregar información teniendo en cuenta que se puede determinar qué elementos son obligatorio y cuales opcionales [25]. Todos los elementos abordados previamente a juicio del autor permite reflejar de un modo más realista la priorización de requisitos.

3 MÉTODO PROPUESTO

Entre las actividades incluidas en el método propuesto se encuentran: selección de los criterios y requisitos, obtención de la información, normalización de los valores, determinar vectores de pesos y agregación.

A continuación se presenta gráficamente (Figura 1) las actividades contenidas en el flujo de trabajo y se describe cada una de ellas:

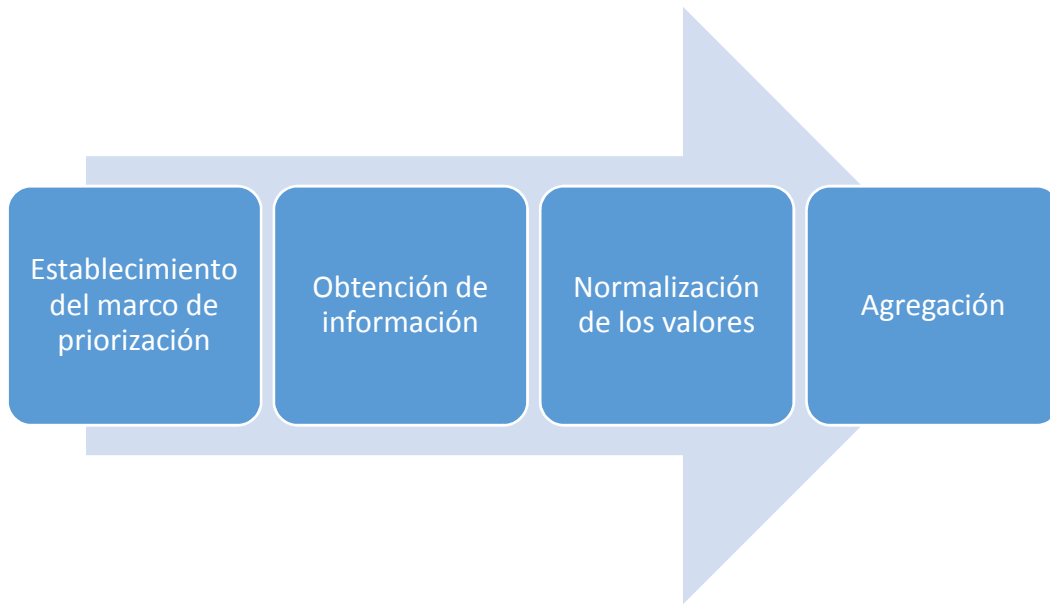


Fig. 1. Actividades del flujo de trabajo para la priorización de requisitos.

1. Establecimiento el marco de priorización: Se seleccionan los criterios y los requisitos que serán evaluados. Siendo $C=\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ con $k \geq 2$ los criterios a ser evaluados, y $R=\{r_1, r_2, \dots, r_j\}$ con $j \geq 2$ los requisitos.
2. Obtención de información: Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. Esta información representa la valoración de cada requisito con respecto a los criterios. El vector de utilidad [26] es representado de la siguiente forma $V_j = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jn}\}$, donde v_{jk} es la preferencia en relación al criterio c_k del requisito R_j . La valoración se da en el intervalo $[0,1]$, siendo 0 el peor valor y 1 el mejor.
3. Normalización de los valores: Los valores de las preferencias son normalizados teniendo en cuenta si son de tipo beneficio o costo. Siendo $\tilde{v}_{jk}$ el valor normalizado, este se calcula para los criterios tipo beneficio como:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \min} - v_{jk}}{v_{k \min} - v_{k \max}} \quad (3)$$

y para los tipo costo:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \max} - v_{jk}}{v_{k \max} - v_{k \min}} \quad (4)$$

donde $v_{k \min}$ es la valoración mínima con respecto al criterio k y $v_{k \max}$ es la valoración máxima con respecto al criterio k .

4. Agregación: La función de agregación $OAG: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ se obtiene mediante un proceso de agregación jerárquica. Se utiliza WPM (1) utilizando el modelo de puntuación lógica de preferencias (LSP por sus siglas en inglés) [23] debido a que esta se ajusta de un modo más realista al proceso de orientación vocacional. El empleo de los operadores de agregación de forma jerárquica dota de flexibilidad al método. La posibilidad de obtener directamente las preferencias del decisor y su expresión en los vectores de peso es otra de sus fortalezas.

4 ESTUDIO DE CASO

A continuación se presenta un estudio de caso con el propósito fundamental de mostrar la aplicabilidad de la propuesta. Para su desarrollo se seleccionaron lo criterios dificultad técnica, costo y valor para el proyecto de un conjunto de cinco requisitos de software pertenecientes a un sistema de información. Posteriormente se realiza la valoración para cada requisito con respecto a los criterios seleccionados (Tabla 2).

Tabla 2. Valoración de requisitos

Requisito	Dificultad técnica	Costo	Valor
R ₁	0.9	0.2	0.7
R ₂	0.2	0.4	0.7
R ₃	0.3	0.6	0.8
R ₄	0.4	0.8	0.3
R ₅	0.6	0.7	0.7

Los criterios relacionados con la dificultad técnica y el costo son criterios tipo costo y se normalizan según (4). El criterio valor de tipo beneficio se normaliza según (3). Los resultados de la normalización se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Normalización de los criterios

Requisito	Dificultad técnica	Costo	Valor
R ₁	0.00	1.00	0.80
R ₂	1.00	0.67	0.80
R ₃	0.86	0.33	1.00
R ₄	0.71	0.00	0.00
R ₅	0.43	0.17	0.80

A continuación se muestran la estructura de agregación jerárquica obtenida. Se emplearon operadores de agregación que reflejan simultaneidad tal como lo establece LSP [27, 28].

Tabla 4. Estructura de agregación

Entradas iniciales	Operador		ID del bloque	Operador		ID del Bloque
Costo	0,3	C--	Balance Costo/Beneficio	0,8	C-	Prioridad global
Valor	0,7					
Dificultad Técnica				0,2		

Los resultados de la agregación de los criterios permiten ordenar los requisitos. En este caso el orden de prioridad es el siguiente $R_2 > R_3 > R_5 > R_1 > R_4$.

Tabla 5. Resultados de la agregación

Requisito	AG
R ₁	0.365
R ₂	0.804
R ₃	0.788
R ₄	0.002
R ₅	0.543

Entre las ventajas planteadas por los especialistas se encuentran la relativa facilidad de la técnica y la elevada flexibilidad que brinda el uso del modelo de agregación empleado. Los resultados muestran además la aplicabilidad que presentan los modelos de ayuda a la toma de decisión basados en la agregación de la información y la actualidad y pertinencia de la temática debido a las mejoras que en el proceso de toma de decisiones en la ingeniería de software brinda.

5 CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó un método para la priorización de requisitos basado en el empleo de operadores de agregación para la fusión de la información. Para la a agregación jerárquica se utilizó el operador WPM. Entre las actividades

incluidas en el método se encuentran: selección de los criterios, obtención de la información sobre las preferencias de los decisores, normalización de los valores y finalmente la agregación de los valores normalizados de las preferencias.

Entre las principales ventajas del método se encuentra la posibilidad de modelar la importancia de los criterios y la compensación. Como trabajos futuros se perfila el trabajo con un enfoque lingüístico difuso y el enfoque multiexperto. La construcción de una herramienta informática que soporte el constituye otra área de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Leyva-Vázquez, M.Y., R. Rosado-Rosello, and A. Febles-Estrada, *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012. **43**(2): p. 41-46.
- [2] Pérez, K., et al. *Modelo matemático y procedimiento para evaluación por complejidad de los requisitos software*. in *15th Workshop on Requirements Engineering (WER 2012)*. 2012. Bueno Aires.
- [3] Aurum, A. and C. Wohlin, *Engineering and Managing Software Requirements*. 2005, New York: Springer.
- [4] Avesani, P., et al., *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005.
- [5] Otero, C.E., et al. *A quality-based requirement prioritization framework using binary inputs*. IEEE.
- [6] Lima, D., et al., *A fuzzy approach to requirements prioritization*. Search Based Software Engineering, 2011: p. 64-69.
- [7] Otero, C.E., et al. *A Quality-Based Requirement Prioritization Framework Using Binary Inputs*. in *Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*. 2010. IEEE.
- [8] Beg, R., Q. Abbas, and R.P. Verma. *An approach for requirement prioritization using b-tree*. 2008. IEEE.
- [9] Racheva, Z., et al. *Do We Know Enough about Requirements Prioritization in Agile Projects: Insights from a Case Study*. 2010. IEEE.
- [10] Logue, K. and K. McDaid. *Handling uncertainty in agile requirement prioritization and scheduling using statistical simulation*. 2008. IEEE.
- [11] Chatzipetrou, P., et al. *Prioritization of issues and requirements by cumulative voting: A compositional data analysis framework*. 2010. IEEE.
- [12] Tonella, P., A. Susi, and F. Palma. *Using interactive ga for requirements prioritization*. 2010. IEEE.
- [13] Ramzan, M., M.A. JaiTar, and A.A. Shahid, *Value based Intelligent Requirement Prioritization (VIRP): Expert Driven Fuzzy Logic based Prioritization Technique*. International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC), 2009.
- [14] Azar, J., R.K. Smith, and D. Cordes, *Value-oriented requirements prioritization in a small development organization*. IEEE software, 2007: p. 32-37.
- [15] Berander, P. and A. Andrews, *Requirements Prioritization*. 2005.
- [16] Wiegers, K.E., *Software Requirements, Second Edition*. 2003, Redmond: Microsoft Press
- [17] Avesani, P., et al. *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005. IEEE.
- [18] Torra, V. and Y. Narukawa, *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. 2007: Springer.
- [19] Beliakov, G., A. Pradera, and T. Calvo, *Aggregation functions: a guide for practitioners*. 2007: Springer.
- [20] Yager, R.R., *On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking*. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1988. **18**(1): p. 183-190.
- [21] Arenas-Díaz, G., *Medidas difusas e integrales difusas*. Universitas Scientiarum, 2013. **18**(1): p. 7-32.
- [22] Dujmović, J.J., *Continuous preference logic for system evaluation*. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2007. **15**(6): p. 1082-1099.
- [23] Dujmović, J.J. and H. Nagashima, *LSP method and its use for evaluation of Java IDEs*. International journal of approximate reasoning, 2006. **41**(1): p. 3-22.
- [24] Saaty, T.L., *What is the analytic hierarchy process?*, in *Mathematical models for decision support*. 1988, Springer. p. 109-121.
- [25] Nogués, J.B., *SEMANTIC RECOMMENDER SYSTEMS. PROVISION OF PERSONALISED INFORMATION ABOUT TOURIST ACTIVITIES*, in *Department of Computer Science and Mathematics*. 2015, Universitat Rovira i Virgili.
- [26] Espinilla, M., et al., *A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria*. Information Sciences, 2012.
- [27] Gyorgy, T., G. Suciu, and T.L. Militaru. *CLASSIFICATION OF ON-LINE STUDENTS USING AN EXPERT SYSTEM OVER OPEN SOURCE, DISTRIBUTED CLOUD COMPUTING SYSTEM*. in *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*. 2014. " Carol I" National Defence University.
- [28] Tapia-Rosero, A., et al., *Fusion of preferences from different perspectives in a decision-making context*. Information Fusion.

Fuzzy cognitive maps and computing with words for modeling project portfolio risks interdependencies

Miriam Peña González¹, Cesar Gabriel Barrionuevo De La Rosa², and Francisco José Cedeño Moran²

¹Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

²Facultad de Ciencias Administrativas
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2016 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: Project interdependency modeling and analysis have been ignored in project portfolio management. There are five types of project portfolio interdependencies: benefit, risk, outcome, schedule and resources. In the case of risks interdependencies a positive or negative correlation of risks occurs provoking risk diversification or amplification effects. In this work project portfolio risk interdependencies are modeled using the computing with word (CWW) paradigm. We propose a new method for modeling project portfolio interdependencies, and specially risks interdependencies, using the 2-tuples linguistic model and fuzzy cognitive maps. This proposal has many advantages for dealing with linguistic information making simpler the elicitation of knowledge from experts. Building a 2-tuple fuzzy cognitive map follows an approach more similar to human reasoning and the human decision making process. An illustrative example showed the applicability of the proposal. The paper ends with recommendation of future works that will concentrate on three objectives.

KEYWORDS: fuzzy cognitive maps, computing with words, project portfolio interdependencies, risks interdependencies.

1 INTRODUCTION

A portfolio of project is a group of project that share resources creating relation among them of complementarities, incompatibility or synergy. Interdependency modeling and analysis have commonly been ignored in project portfolio management [1]. In an international survey only 38.6 % of responders understand this element[1]. Cost increasing, the lack of benefits exploitation[2] and the incorrect selection of projects [3] are among the negative consequences.

There are five types of project portfolio interdependencies: benefit, risk, outcome, schedule and resources [4]. In the case of risks interdependencies a positive or negative correlation of risks might happen provoking risk diversification or amplification effects. In this work project portfolio risk interdependencies are modeled using computing with word (CWW).

The development and evolution of individual and collective mental models is important for continuous learning in organizations [5]. Mental models are used in multicriteria decision support, knowledge management [6], learning and assessment of complex systems knowledge among other areas[7].

Cognitive maps as proposed by Axelrod [8], have been used as a visual representation of mental models [9]. Nodes represent concept or variables in a given domain. Arcs indicate positive or negative causal connections among nodes. Cognitive mapping lacks representation of uncertainty in causal relation, an important and usual factor in complex systems modeling [10].

Fuzzy cognitive maps (FCM)[11] extends cognitive maps with fuzzy values in $[-1,1]$ or linguistic values to indicate the strength of causal relations, frequently elicited from experts[12, 13]. Fuzzy logic allows to express the degree of causality between concepts through the use of fuzzy values in the range $[-1,1]$, using linguistic expressions as "strong", "negatively weak" "positively weak", etc. In these cases, linguistic information models in a flexible way the knowledge and involves processes of computing with words (CWW) (5).

This paper is structured as follows: Section 2 reviews some important concepts about linguistic representation model based in 2-tuples. Section 3 provides a revision about FCM. In Section 4, we present a model for modeling interdependencies in project portfolio risks. Section 5 shows an illustrative example. The paper ends with conclusions and further work recommendations in Section 6.

2 LINGUISTIC REPRESENTATION MODEL BASED IN 2-TUPLES

The linguistic representation model based in 2-tuples defines a set of transformation functions for linguistic 2-tuple in order to carry out the CWW process without loss of information [14]. This model has many advantages for dealing with linguistic information making easier the elicitation of preferences and knowledge from experts [15].

Definition 1.[16] Being $\beta \in [0, g]$ a value that represents the result of a symbolic operation in the interval of granularity of the linguistic term terms set $S = \{s_0, \dots, s_g\}$. The symbolic translation is a numerical value assessed in $[-0.5, 0.5]$ that supports the difference of information between a counting of information β assessed in the interval of granularity $[0, g]$ of the term set S and the closest value in $\{0, \dots, g\}$ which indicates the index of the closest linguistic term in S .

The 2-tuple linguistic representation model defines a set of transformation functions between numeric values to facilitate linguistic computational processes.

Definition 2.[16] The 2-tuple that expresses the equivalent information to β is obtained with the function $\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5]$ given by.

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ with } \begin{cases} s_i, i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, \end{cases} \quad (1)$$

Where round is the usual rounding operation, s_i has the closest index label to s_i and α is the value of the symbolic translation.

We note that Δ function is bijective [16] and $\Delta^{-1}: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5]$ is defined by:

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha \quad (2)$$

Then the 2-tuples of $S \times [-0.5, 0.5]$ will be identified with numerical values in the interval $[0, g]$.

3 FUZZY COGNITIVE MAPS

A fuzzy cognitive maps (FCM) [11] are fuzzy graph structures for representing causal knowledge. FCM have been applied to many diverse areas specially decision support and complex systems analysis [17]. Also multiples extensions have been developed such as fuzzy grey cognitive maps [18], interval fuzzy cognitive maps [19], Intuitionistic fuzzy cognitive maps [20] and recently a linguistic 2-tuple fuzzy cognitive maps[21].

The value of a concept is calculated at each simulation step, computing the influence of the interconnected concepts to the specific concept according to the following rule:

$$A_i^{(K+1)} = f(A_i^{(K)} + \sum_{j=1, j \neq i}^n A_j^{(K)} \cdot W_{ji}) \quad (3)$$

Where $A_i^{(K+1)}$ is the state of the node i at the instant $K+1$, W_{ji} is the weight of the influence of j node over the i node, and $f(x)$ is the activation function. The calculation halts if an equilibrium state is reached.

A model for decision making based on fuzzy cognitive maps using the paradigm of computing with words in order to provide causal models that are easily understood is proposed in [21]. To this end, the authors propose the use of linguistic representation model based on linguistic 2-tuple. The main advantage of the proposed decision-making based on fuzzy cognitive map model is that allows increasing the interpretability of causal models. The matrix representation of FCM allows to made causal inferences. In 2-tuple fuzzy cognitive maps [22]

4 FRAMEWORK FOR MODELLING PROJECT PORTFOLIO INTERDEPENDENCIES

Our aim is develop framework for modeling project portfolio and its interrelation based CWW and FCM. The model consists of the following phases (graphically, Figure 1):

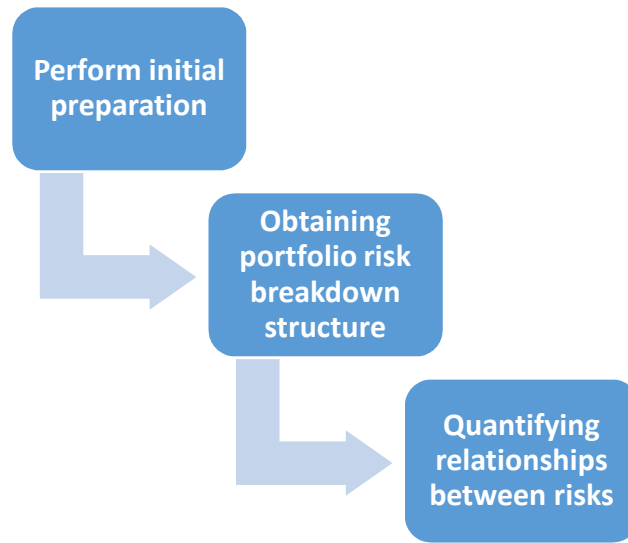


Fig. 1. A Framework project portfolio risk interdependencies

1. Perform initial preparation

First, the information sources to be included in the study are identified. An important parameter to be determined in this step is the “granularity of uncertainty given by the cardinality of the linguistic term set chosen [23], so that a source of information can express more easily the knowledge, it needs to have an appropriate set of linguistic descriptors. In order to facilitate the task, compliance with the following rules is recommended (24):

- The number of terms on the left and right of the middle term should be the same.
- The cardinality of a linguistic terms set should not be too small as to impose a precision restriction to the information that each source of information want to express and it should be large enough as to allow to make discrimination of the valuations by a limited number grades.

2. Obtaining portfolio risks

A portfolio risk breakdown structure with interdependencies is obtained. An example for a risk breakdown structure applicable to IT portfolios with interdependencies is shown in[4]. Each risk will be represented as a node in a FCM.

3. Quantifying relationships between risks

The weight from risk R_i to risk R_j given is represented my means of the 2-tuple linguistic model as follows:

$$w_{ij} = (s_u, \alpha)_{ij} \quad (4)$$

In the proposed model, causality type (positive, negative, non-existence) can be identified as follows:

- $W_{ij} < s_{g/2}$, which indicates negative causality between nodes C_i and C_j . The increase (decrease) in the value of C_i leads to the decrease (increase) in the value of C_j .
- $W_{ij} > s_{g/2}$, which indicates positive causality between nodes C_i and C_j . The increase (decrease) in the value of C_i leads to the increase (decrease) in the value of C_j .
- $W_{ij} = s_{g/2}$, which indicates no relationship between nodes C_i and C_j .

CASE STUDY

The application of the proposed procedure in a case study is shown, in this case with the participation of an expert. A set of linguistic terms with granularity 9 (Table 1) was defined. Table 1. Linguistic terms associated to causal relationships.

Table 1. Linguistic terms associated to causal relationships

Label	Description
S_0	Negatively very strong (NVS)
S_1	Negatively strong (NS)
S_2	Negatively medium (NM)
S_3	Negatively weak (NW)
S_4	Zero (Z)
S_5	Positively weak (PW)
S_6	Positively medium (PM)
S_7	Positively strong (PS)
S_8	Positively very strong (PVS)

The five risks $R = (r_1, \dots, r_5)$ identified are shown in Table 2.

Table 2. Portfolio risks

Node	Description
R_1	Project 1 Technical feasibility
R_2	Project 1 Timely completion
R_3	Project 2 Timely completion
R_4	Project 2 Code quality
R_5	Project 3 Timely completion
R_6	Project 3 Cultural acceptance

The expert provides the following linguistic causal relations:

$$W = \begin{matrix} & S_4 & S_4 & S_7 & S_4 & S_4 & S_4 \\ & S_4 & S_4 & S_5 & S_4 & S_4 & S_4 \\ S_4 & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 \\ & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 & S_4 \\ & S_4 & S_4 & S_5 & S_4 & S_4 & S_4 \\ & S_4 & S_4 & S_5 & S_5 & S_4 & S_4 \end{matrix}$$

Once modeled the relationships among concepts from the opinion of the experts, the following FCM is obtained (Figure 2)

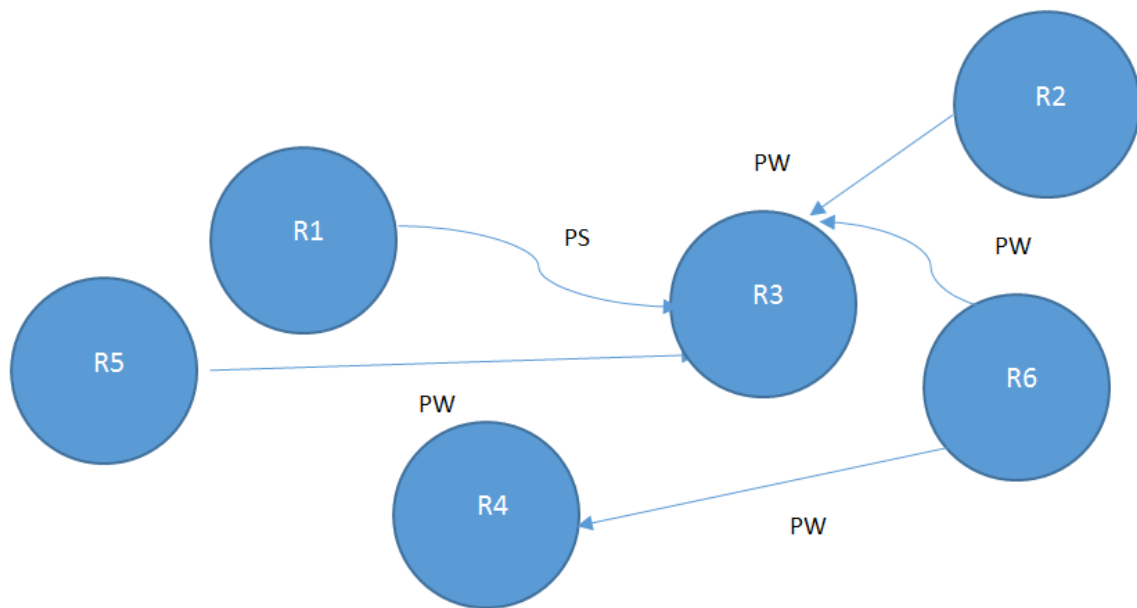


Fig. 2. 2-tuple fuzzy cognitive map with risks interdependencies.

In this example, the technical feasibility of project #1 (technical risk) could severely impact the timely completion of projects #2. Also, if no consistent tooling is used, and the agile development approach (project #3) is not culturally accepted, projects #2 are more likely to experience quality issues and time delay.

5 CONCLUSION

Interdependency among the many organizational components makes decision difficult. This paper proposes a new framework to model interdependencies in project portfolio. The linguistic 2-tuples representation model is used for representing relation among risks.

Building a 2-tuple fuzzy cognitive map follows an approach more similar to human reasoning and the human decision-making process. An illustrative example showed the applicability of the proposal.

Future research will focus on conducting further real life experiments to test and promote the proposed framework. Further works will concentrate on three objectives: developing a consensus model and developing an expert system based on 2-tuple fuzzy cognitive maps and extending the model to other areas of project portfolio interdependencies modeling. Other areas of future research are the combination with genetic algorithm when the search space is large, and the development of a tool to automate the process.

REFERENCES

- [1] M. Mors, R. Drost, and F. Harmsen, "Project Portfolio Management in Practice," ed: Springer, 2010, pp. 107-126.
- [2] I. Sommerville and M. I. A. Galipienso, *Ingeniería del software*: Pearson Educación, 2005.
- [3] D. Kundisch and C. Meier, "IT/IS Project Portfolio Selection in the Presence of Project Interactions—Review and Synthesis of the Literature," in *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2011*, 2011.
- [4] M. Arlt, "Advancing the maturity of project portfolio management through methodology and metrics refinements," PHD, RMIT University, 2010.
- [5] P. Senge, *La Quinta Disciplina En La Practica/Fifth Discipline In The Practice*: Ediciones Granica SA, 2005.
- [6] G. Montibeller and V. Belton, "Causal maps and the evaluation of decision options—a review," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, pp. 779-791, 2006.
- [7] J. Ross, "Assessing Understanding of Complex Causal Networks Using an Interactive Game," Doctor of Philosophy in Information and Computer Science, University of California. Doctor of Philosophy in Information and Computer Science, Irvine, 2013.
- [8] R. M. Axelrod, *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*: Princeton University Press Princeton, NJ, 1976.

- [9] S. P. Borgatti, C. Jones, and M. G. Everett, "Network measures of social capital," *Connections*, vol. 21, pp. 27-36, 1998.
- [10] C. Puente Águeda, J. A. Olivas Varela, and A. Sobrino Cerdeiriña, "Estudio de las relaciones causales," *Anales de mecánica y electricidad*, vol. 87, pp. 54-59, 2010.
- [11] B. Kosko, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 24, pp. 65-75, 1986.
- [12] E. I. Papageorgiou and J. L. Salmeron., "A Review of Fuzzy Cognitive Maps research during the last decade," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2012.
- [13] C. W. Ping, "A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network," PhD Thesis, Department of Computer Science, Chonnam National University. Doctoral Thesis, 2009.
- [14] F. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana, and E. Herrera-Viedma, "Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects," *Fuzzy Optimization and Decision Making*, vol. 8, pp. 337-364, 2009.
- [15] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and M. Espinilla-Estevez, "A linguistic software requirement prioritization model with heterogeneous information.," presented at the 4th International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support (EUREKA 2013), Mazatlán, México, 2013.
- [16] F. Herrera and L. Martínez, "A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words," *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, vol. 8, pp. 746-752, 2000.
- [17] M. Y. Leyva Vázquez, K. Y. Pérez Teurel, A. Febles Estrada, and J. Gulín González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad*, vol. 17, pp. 375-390, 2013.
- [18] J. L. Salmeron, "Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 7581-7588, 2010.
- [19] E. Papageorgiou, C. Stylios, and P. Groumpos, "Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework Advances in Artificial Intelligence." vol. 3955, G. Antoniou, G. Potamias, C. Spyropoulos, and D. Plexousakis, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2006, pp. 571-575.
- [20] D. K. Iakovidis and E. Papageorgiou, "Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 15, pp. 100-107, 2011.
- [21] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, M. Espinilla, and V. Estrada-Sentí, "Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 8, pp. 19-34, 2014.
- [22] K. P. Teruel, M. L. Vázquez, and M. E. Estévez, "Computación con palabras en la toma decisiones mediante mapas cognitivos difusos," 2014, vol. 8, 2014.
- [23] M. Espinilla, J. Liu, and L. Martínez, "An extended hierarchical linguistic model for decision making problems," *Computational Intelligence*, vol. 27, pp. 489-512, 2011.

Grupo Focal y Procesos de Jerarquía Analítica para la determinación y ponderación de los factores críticos de éxitos en los proyectos de software

[Focus Group and Analytic Hierarchy Process for identifying and weighting software project critical success factors]

Miriam Peña González¹, Cesar Gabriel Barrionuevo De La Rosa², and Francisco José Cedeño Moran²

¹Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

²Facultad de Ciencias Administrativas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2016 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: Analysis of critical success factors in software projects allow organizations to focus on the fundamentals factors to be successful in software development. In this paper a proposal for identifying and weighting critical success factors in software projects is shown. Focus Group and Analytic Hierarchy Process are used across the study. The proposal applicability is shown in a case in a data integration project. Re result shows the importance of client compromise among factors. Another important finding is the appropriateness and the applicability of the proposal. Paper ends with conclusion and future works recommendations.

KEYWORDS: AHP, Focus Group, critical success factors, data integration, weighting.

RESUMEN: El análisis de los factores críticos de éxito en los proyectos de software contribuye a que las organizaciones centren su atención en los factores fundamentales para ser exitosas en el desarrollo de software. El propósito de este trabajo es realizar una propuesta para la determinación de los factores críticos de éxito en los proyectos de software y asignarles una ponderación. Con este propósito se emplea las técnicas del grupo focal y el proceso de jerarquía analítica. La aplicabilidad de la propuesta fue corroborada en un estudio de caso en un proyecto de integración de datos. Los resultados muestran la importancia que recibe el compromiso del cliente con respecto a otros factores. Otro aspecto importante es que los métodos empleados resultados son pertinentes y fáciles de usar por parte de los especialistas. El trabajo finaliza con conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

PALABRAS CLAVE: AHP, grupo focal, factores críticos de éxito, integración de datos, ponderación.

1 INTRODUCCIÓN

Los Factores críticos de éxito (FCE) se refiere a los elementos necesarios para que una organización o proyecto logren su misión [1]. Los FCE son un elemento significativo de la determinación de la estrategia de cualquier entidad o proyecto y

especialmente en las organizaciones que desarrollan software[2]. A pesar de su importancia pocas veces se sigue una metodología formal que brinde el soporte metodológico necesario [3].

La integración de datos consiste en la combinación de los datos que residen en diferentes fuentes, y en proporcionar al usuario una visión única de la información [4]. A pesar de su importancia, relativamente pocos estudios se han realizado para evaluar las prácticas y es especial los FCE en este tipo de proyectos [5].

En el presente trabajo se utilizan como métodos el grupo focal [6] y el proceso de jerarquía analítica [7] (AHP por sus siglas en inglés) para la priorización de los factores críticos de éxito de los proyectos de software.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: se presenta continuación el método empleado basado en la técnica del grupo focal y el proceso de jerarquía analítica y el flujo de trabajo propuesto. A continuación la discusión de los resultados aplicado a la determinación y priorización de los factores críticos de éxito asociados a un proyecto de desarrollo de software. El artículo finaliza con las conclusiones y las recomendaciones de trabajos futuros.

2 MÉTODOS UTILIZADOS

El Grupo Focal es una técnica que consiste en la discusión por grupos pequeños homogéneos de personas, donde se expresan de forma libre y espontánea de un tema, la discusión es guiada por un moderador y se registran los criterios que se emiten [8]. El papel del moderador relevante para el funcionamiento de los grupos e implica una adecuada preparación en todas las fases del proceso[9].

Para la determinación de los pesos correspondientes a cada FCE se recomienda el empleo del método AHP. Este método fue propuesto por Saaty [10]. Se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión multicriterio se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados y la comparación por pares

Otra característica del método es que, en cada nivel de la jerarquía, se realizan comparaciones entre pares de elementos de ese nivel, en base a la contribución de cada uno de ellos al elemento de nivel superior al que están ligados. Las prioridades relativas son asignadas a diferentes criterios usando una escala 1-9 para la comparación por pares (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de prioridad para la comparación por pares en AHP

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen por igual a los objetivos.
3	Importancia moderada	Favorece un poco más a un elemento que a otro.
5	Gran importancia	Favorece mucho más a un elemento que a otro.
7	Muy importante	Favorece mucho más a un elemento que a otro.
9	Importancia exagerada	Favorece exageradamente a un elemento sobre otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Utilización para graduación más detallada de los juicios.

3 FLUJO DE TRABAJO PROPUESTO

En la Figura 1. Se muestra gráficamente el procedimiento seguido para la obtención y ponderación de los factores críticos de éxito de los proyectos de software.

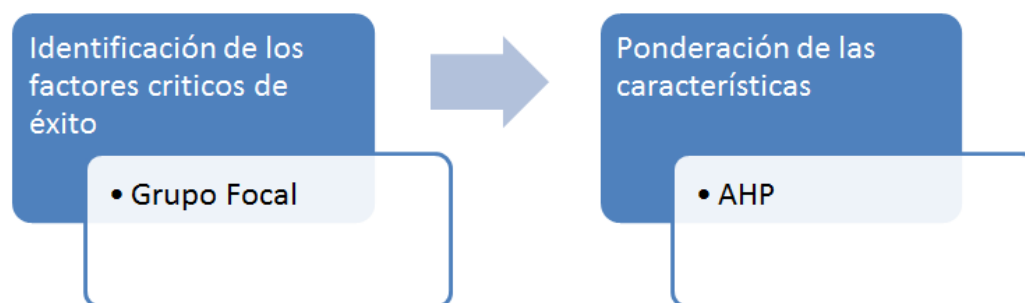


Fig. 1. Métodos empleados

3 Identificación de los factores críticos de éxito:

Para la identificación de los FCE se empleó el grupo focal. Se trabajó con la determinación de los factores relevantes que influyen en el éxito o no de un proyecto.

4 Ponderación:

Se empleó el método AHP [11] para asignarle una importancia relativa a cada uno de los FCE en la integración de datos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para validar la propuesta se agruparon un conjunto de desarrolladores de software según su experiencia y desempeño. Se realizó una sesión por grupo focal compuesto por 8 personas. Las opiniones brindadas por los participantes se registraron escritas en primera persona, respetando el orden y la forma en que se expresaron y acotando además las manifestaciones extra-verbales de los integrantes del grupo. Los temas tratados se muestran a continuación:

Tema 1. Determinación de los factores crítico de éxito en los proyectos de integración de datos

¿Cuáles son los factores críticos de éxito en los proyectos de integración de datos?

En la Tabla 2. Se muestran los factores críticos de éxito y el porcentaje de expertos que estuvieron de acuerdo con cada factor

Tabla 2. Factores Críticos de éxito determinados

Factor	% de participantes que estuvieron de acuerdo	Descripción
Definición de alcance	100	Definición clara de las metas del proyecto, su alcance y prioridades en el desarrollo de la solución.
Participación de los usuarios	100	Participación activa de los usuarios finales en el proyecto, especialmente en la definición de los requisitos y la validación de los entregables.
Compromiso del cliente	100	Grado de compromiso con el éxito de la solución mostrado por parte del cliente.
Apoyo alta gerencia	88	Apoyo de los directivos de la organización que permite contar con la coordinación y los recursos necesarios para el desarrollo de la solución.
Tiempo	75	Grado en que se da una respuesta rápida a los usuarios de sus necesidades de información en el marco del desarrollo de la solución.

Posteriormente se aplicó el método AHP. Inicialmente se obtuvo la jerarquía de los factores que se muestra en la Figura 2.

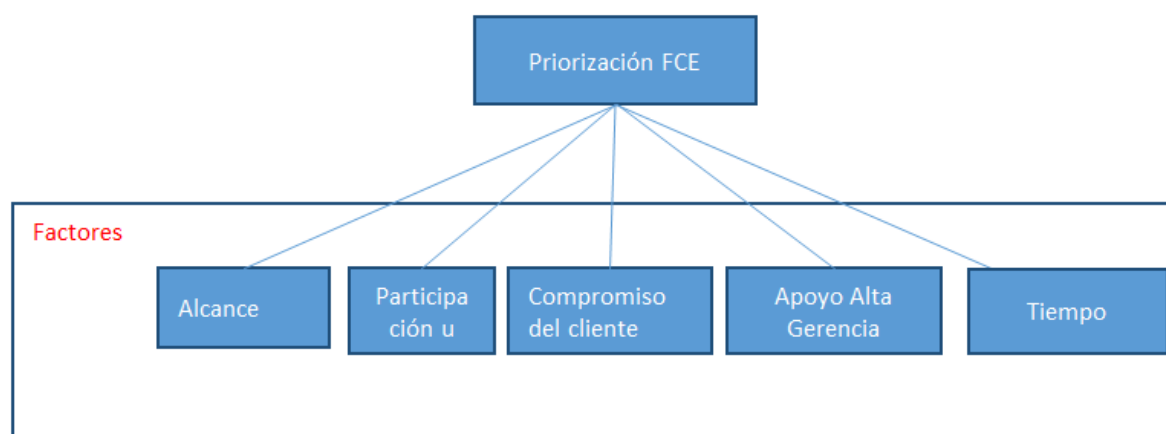


Fig. 2. Jerarquía de factores identificados

Utilizando el método AHP se obtuvo la siguiente estructura de pesos.

Tabla 3. Peso asociado a cada de cada factor

Factores	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	Pesos
Definición de alcance (c_1)		2	0,25	6	3	0,265
Participación de los usuarios (c_2)	0,5		2	0,25	1	0,153
Compromiso del cliente (c_3)	4	0,5		2	4	0,317
Apoyo alta gerencia (c_4)	0,17	4	0,5		0,33	0,142
Tiempo(c_5)	0,33	1	0,25	3		0,123

De acuerdo a la ponderación obtenida el orden de los factores es el siguiente:

$$\{c_3, c_1, c_2, c_4, c_5\}$$

En cuanto a la distribución de pesos se destaca la importancia que recibe el compromiso del cliente con respecto a otros factores. Otro aspecto importante en que los métodos empleados resultados sean pertinentes y fáciles de usar por parte de los especialistas. Es de destacar adicionalmente que la importancia de los FCE coincide con las experiencias anteriores en proyecto dentro de la organización y con estudios anteriores [5] .

5 CONCLUSIONES

La determinación de los factores que contribuyen a tener éxito en los proyectos de software resulta de vital importancia. En el presente artículo se mostró un modelo para la determinación de esos elementos y su ponderación teniendo en cuenta los métodos de grupo focal y de AHP. El compromiso del cliente y la correcta definición del alcance resultaron los factores más importantes.

Como trabajos futuros se plantea el empleo de métodos de logro de consenso en la ponderación de FCE. Otra área de trabajo es el empleo de la lógica difusa para modelar la incertidumbre propia del proceso.

REFERENCIAS

- [1] Ranjan, J. and V. Bhatnagar, *Critical Success Factors For Implementing CRM Using Data Mining*. Journal of Knowledge Management Practice, 2008. **9**(3).
- [2] Wright, S. and D. Pickton. *Improved competitive strategy through value added competitive intelligence*. in *Third Annual European Conference, Society of Competitive Intelligence Professionals*. 1998. Berlin.
- [3] Salmeron, J.L., *Augmented fuzzy cognitive maps for modelling LMS critical success factors*. Knowledge-Based Systems, 2009. **22**(4): p. 275-278.
- [4] Lenzerini, M., *Data integration: a theoretical perspective*, in *Proceedings of the twenty-first ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems*. 2002: Dison, Wisconsin.
- [5] Leyva-Vázquez, M.Y., R. Rosado-Rosello, and A. Febles-Estrada, *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012. **43**(2): p. 41-6.
- [6] Edmunds, H., *The focus group research handbook*. 2000: McGraw-Hill.
- [7] Anand, A., et al., *Knowledge Management Implementation: A Predictive Model Using an Analytical Hierarchical Process*. Journal of the Knowledge Economy, 2012. **6**(1): p. 48-71.
- [8] Gibbs, A., *Focus groups*. Social research update, 1997. **19**(8): p. 1-8.
- [9] Buss Thofehrn, M., et al., *Grupo focal: una técnica de recogida de datos en investigaciones cualitativas*. Index de Enfermería, 2013. **22**(1-2): p. 75-78.
- [10] Saaty, T.L., *What is the analytic hierarchy process?*, in *Mathematical models for decision support*. 1988, Springer. p. 109-121.
- [11] Saaty, T.L., *The analytical hierarchical process*. J. Wiley. New York, 1980.

Delineating groundwater potential zones in Western Cameroon Highlands using GIS based Artificial Neural Networks model and remote sensing data

V.-C. Jofack Sokeng¹, F.K. Kouamé¹, B. Ngounou Ngatcha², H. Dibi N'da¹, L. Akpa You¹, and D. Rirabe³

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
University Félix Houphouët Boigny of Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Department of Earth Sciences, University of Ngaoundere, Ngaoundere, Cameroon

³Institut Polytechnique de Moundou, Moundou, Tchad

Copyright © 2016 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: For the sustainable use of groundwater, this study analyzes groundwater potential in Western Cameroon Highlands using artificial neural network model (ANN), GIS tools and remote sensing. Twelve factors believed to influence the groundwater occurrence were selected from literature and field investigations and used as input data. Satellite ALOS PALSAR, LANDSAT OLI, SRTM data processing techniques and GIS spatial analysis tools were used to prepare these maps. Pumping rates from 189 wells were considered as groundwater potential data and randomly divided into a training and a test sets. An ANN based on the relationship between groundwater productivity data and the above factors was implemented on MATLAB. Each factor's weight and relative importance was determined by the backpropagation training method. Then the groundwater potential indices were calculated and the final map was created using GIS tools. The resulting groundwater potential map was validated using Area-Under -Curve analysis with data that had not been used for training. An average accuracy of 95% were obtained. As another validation, the groundwater potential map was validated by overlaying the actual pumping rates data with an overall accuracy of 83.2%. Five categories of groundwater potential zones have been demarcated. Major portions are areas with "good" (26.54%) as well as "Moderate" (28.73%) potentials while a few scattered areas have poor (17.66%) and very poor (9.02%). The "very good" potential areas (18.06%) are mainly concentrated at the eastern part of the study area. This groundwater potential information will be useful for effective groundwater management and exploration.

KEYWORDS: groundwater potential; remote sensing; GIS; artificial neural networks; Western Cameroon Highlands.

1 INTRODUCTION

Water is one of the most essential commodities for mankind. It is the most significant natural resources which support both human needs and economic development. High increase in the agricultural, industrial and domestic activities in recent years has increased the demand for good quality water [1]. Surface water resources are inadequate to fulfill the water demand. It only accounts for 0.3 % of the fresh water that exists on earth in comparison to groundwater which represents 30 % [2]. Nowadays, usages of groundwater has increased because of factors such as high obtainability, excellent quality, and low development cost [3]. Productivity through groundwater is quite high as compared to surface water. It has become crucial not only for targeting groundwater potential zones, but also monitoring and conservation are necessary. In Cameroon, mostly used targeting methods are based on hydrogeological studies, geophysical inference operation, and field surveys [4] [5] [6]. These methods require considerable finances and time, have poor success rate and do not always consider diverse factors affecting the presence of groundwater.

However, Integration of remote sensing, geographic information system (GIS) and statistics models together with hydrogeological and geophysical information, has proved to be extremely useful for groundwater studies [7] [8] [9] [10]. Remote sensing with its advantages of spatial, spectral and temporal availability of data covering large and inaccessible areas within short time, has become a very handy tool in assessing, monitoring and conserving groundwater resources [11]. Investigation of remotely sensed data for drainage map, geological, and geomorphological characteristics of terrain facilitates effective evaluation of ground water potential zones. Integrating information on these parameters is achieved through GIS which is an effective tool for storage, management and retrieval of spatial and non-spatial data [12] [13] [14]. According to [3], these methods lack prediction ability as they have no built-in function for interpretation of multi-dimensional data and identifying spatial correlations between a dependent and independent variables. Methods such as Frequency Ratio [15], weights of evidence [16] [17], decision tree [14] and Artificial Neural Network (ANN) [18] [19] [3] are probabilistic models capable to predict spatial relations between groundwater potentials zones and its controlling parameters.

The present study attempts to delineate suitable areas for groundwater exploration in West Cameroon using integrated approach of remote sensing, GIS techniques, field survey and ANN. Processing of LANDSAT OLI, ALOS PALSAR and SRTM data have been applied in order to generate and analyze thematic layers controlling groundwater potential in Western Cameroon such as altitude, geology, lineament density, lineament distance, slope, soil, drainage density, groundwater depth and landuse. These layers have been combine with other hydrogeological factors like permeability, alteration thickness, infiltration and pumping rate in a GIS. Finally, the ANN approach used to study the sensibility of these factors is presented and used to map good potential groundwater areas of the region.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 THE STUDY AREA

The study area considered is South Mifi River reservoir Watershed (SMRW) located in Western Cameroon Highlands (**Fig 1**). It lies between the latitudes 05°15 N to 05°42 N and longitudes 10°5 E to 10°30 E covering an area of 973.36 km². The major source for recharge of water in SMRW is rainfall with an annual average of around 1850 mm. This watershed enjoys a umid tropical climate with a maximum temperature of 24°C and a minimum temperature of 18°C. South Mifi River, the major river system, is marked by numerous falls, cascades and straight drains imitating fractures. Altitude varies between 720 and 2740 m above mean sea level. Vegetation is a shrubby savannah tessellated with small forest galleries and crops. Basaltic red soil is the predominant soil type and main occupation in SMRW is agriculture. The bedrock geology of SMRW consists of Precambrian crystalline and granitic rocks surrounded by hills and volcanic rocks (Basalt, trachyte, phonolite, rhyolites, tuffs, ignimbrites). Groundwater in SMRW mostly occurs in fractured and highly weathered zones. This area generally surfers water supply problems due to rapid population growth, climate change and increased demand for groundwater reserves.

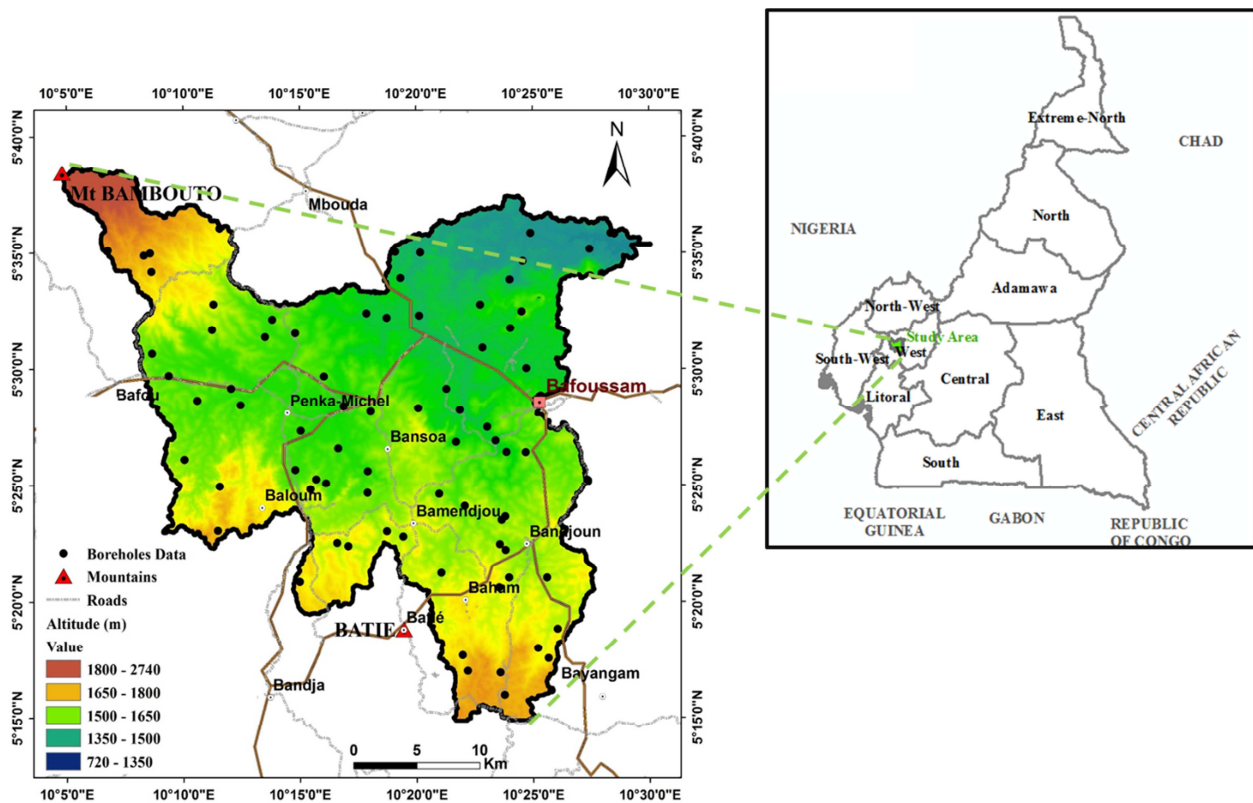


Fig. 1. Study area in Western Cameroon highlands, showing land-surface elevation from a digital elevation model and borehole data collected

2.2 METHODOLOGY

The adopted methodology is summarized in 4 parts: collecting of geospatial data, preparation of thematic maps, modelling of groundwater potential zones with ANN models, and validation.

2.2.1 COLLECTING GEOSPATIAL DATA

In order to map groundwater potential zones in SMRW, different thematic maps of 12 variables (altitude, geology, lineament density, lineament distance, slope, soil, drainage density, groundwater depth, landuse, permeability, weathering thickness, recharge and pumping rate) controlling groundwater in Western Cameroon Highlands were prepared from remote sensing data, topographic maps and bore well data.

Satellites images such as USGS LANDSAT 8 OLI (path-186 and 187 / row – 056), ALOS PALSAR (provided by European Space Agency) and SRTM Digital Elevation Model have been used. Also, survey of Douala toposheet (Douala East and West), geologic and soil maps at 1:200 000 scales, fields and borehole data including pumping rates, permeability, recharge, groundwater depth and weathering thickness were collected. Finally, GIS and image processing supports (ArcGis, ERDAS IMAGINE and MATLAB) were used for spatial analysis, mapping and ANN modelling.

2.2.2 PREPARATION OF THEMATIC MAPS

Twelve different dependent and independent factors (**figure 3**) have been considered in this study to map the potential areas for groundwater storage (altitude, geology, lineament density, lineament distance, slope, soil, drainage density, groundwater depth, landuse, permeability, weathering thickness, recharge and pumping rate which is the dependent variable). Altitude plays significant role in infiltration and is also an important factor influencing groundwater because it governs the occurrence and movement of groundwater. In the low altitude area, the surface runoff is slow, allowing more time for rainwater to percolate, whereas, high altitude area facilitates high runoff allowing less residence time for rainwater and hence comparatively less infiltration. High infiltration amounts imply the possibility of high groundwater potential while low infiltration indicates low groundwater potential. Land cover influences the ground water infiltration and alters the rate of

percolation of precipitation on the hill slope. Lithology controls the quantity and quality of groundwater occurrence and represents the distribution of different rock units. Drainage density indirectly indicates the groundwater potential of an area due to its relation to surface run-off and permeability. The less permeable rocks are, the less the infiltration and lineaments, which conversely tends to be concentrated in surface run-off. Groundwater potential is found to be poor in very high drainage density area. On the contrary low drainage density, low groundwater depth, high lineament density, high permeability, highly weathered areas permit more infiltration and recharge to the groundwater and therefore have more potential for groundwater occurrence.

Altitude map with 30×30 m was made using elevation values taken from newly published SRTM Digital Elevation Model (DEM) data after elimination (sink and fill commands) of internal drainage area in the elevation grid. Slope map was derived from DEM and classified in five classes based on practical applications and land suitability. Available maps were assembled in the digital form and properly registered to make sure spatial component overlaps correctly. Digitizing of maps (topographic, geologic and soil maps) and importing of groundwater well data, followed by transformation and conversion from vector to raster, gridding, buffer analysis, box calculation, interpolation (IDW method) and other GIS processes produced derived layers such as drainage, drainage density, soil type, groundwater depth, permeability, and weathering thickness. As Slope, these layers were classified based on practical applications and land suitability. Analysis and interpretation of satellite data were made in order to produce thematic maps, such as lithology, structural and landcover maps. Initially, all the images were rectified using the registered Douala Toposheet. This was followed by processing the digital images using the various preprocessing (reduction of speckles on ALOS PALSAR images, radiometric and atmospheric correction of LANDSAT 8 OLI images) and processing techniques (enhancement, directional filtering, and supervised classification). Subsequently, selective field checking was carried out. Lineaments and fracture were extracted from processed ALOS PALSAR images provided by European Space Agency. The maximum likelihood decision rule, the most common supervised classification method used with remotely sensed imagery data was used to perform the supervised classification of LANDSAT 8 OLI image. The study area was classified into 5 land cover classes namely, forest, bush land, agriculture, water and urban areas. Lithology map was prepared using ALOS PALSAR and LANDSAT OLI Digital images and simultaneously ground check verification based on rock reflectance properties and spectral arrangement of different tones and textures. Four types of lithological units which are basalts, granites, trachyte, and gneiss were observed and classified according to their groundwater yield capacity. Spatial distribution of infiltration was generated using to python version of the WETSPASS model and reclassified into five classes. Drainage density and Lineaments density were generated using kernel density analysis tool in ARCGIS. The resulting maps were then grouped in to five classes based on their importance to groundwater. Finally, to investigate the impact of distance to lineaments, six type of buffer zone range from 150 to 600 meter were created from extracted lineaments. All these thematic maps were converted into raster format with the same spatial resolution of 30 m and was integrated as input for an ANN model.

2.2.3 MODELLING GROUNDWATER POTENTIAL ZONES WITH ANN MODELS

An Artificial Neural Network (ANN) is a simulation inspired by human nervous system and able to acquire, represent, and compute a mapping from one multivariate space of information to another, given a set of data representing that mapping' [19]. ANN can learn associative patterns and approximate the functional relationship between a set of input (independent variable) and output (dependent variable). The purpose of an ANN is to build a model of the data-generating process, so that the network can generalize and predict outputs from inputs that it has not previously seen.

The multilayer perceptron (MLP) trained by the back-propagation algorithm is one of the most widely implemented neural network topologies. This training uses a set of examples of associated input and output values. This learning algorithm is a multi-layered neural network which consists of an input layer, hidden layers, and an output layer. The hidden and output layer neurons process their inputs by multiplying each input by a corresponding weight, summing the product, and then processing the sum using a nonlinear transfer function to produce a result [3]. Weights errors of neurons between the actual output values and the target output values are then adjusted at the end of the training stage in order to provide a model that should be able to predict a target value from a given input value.

The network used in this study consisted of three layers (**Fig. 2**). The first layer is the input layer, where the nodes were thematic maps of 12 variables controlling groundwater in western Cameroon highlands. The second layer is the internal or "hidden" layer. The third layer is the output layer that presents the output data. This data consists of groundwater potential areas (training sites). Each node in the hidden layer is interconnected to nodes in both the preceding and following layers by weighted connections [17]. Using the back-propagation training algorithm, weights of each factor can be determined. [20],

[19], and [3] described a method for determining the weights using back-propagation ANN. For this study, ANN were simulated in the neural network module of MATLAB.

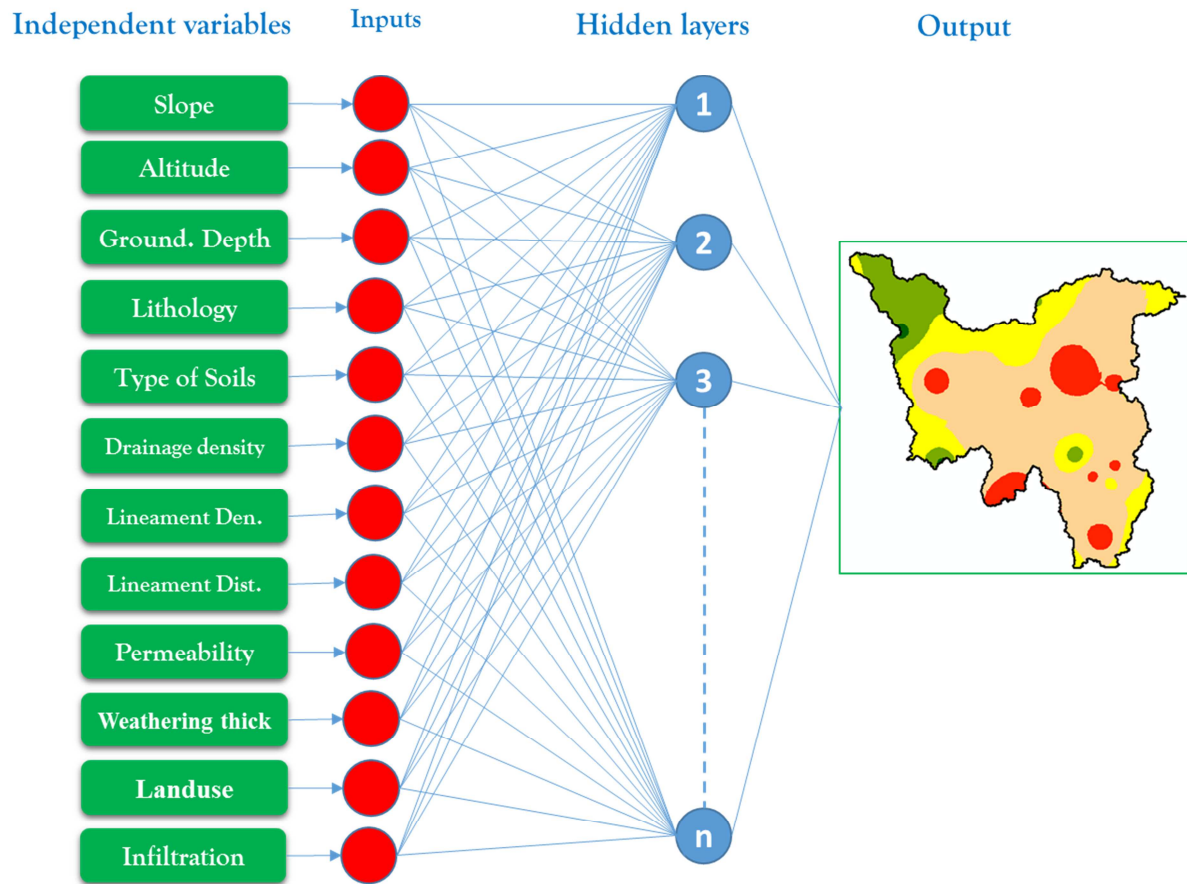


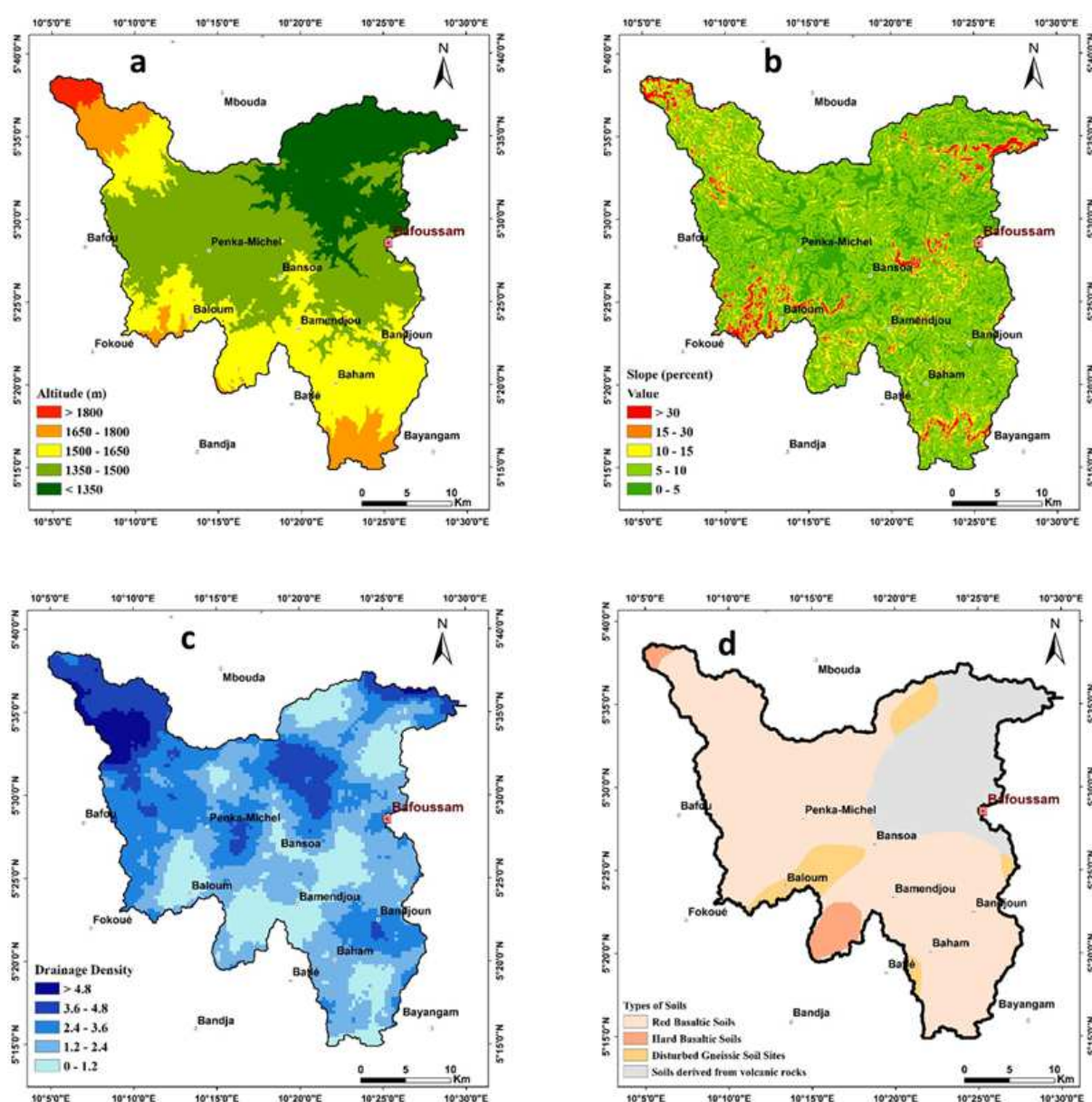
Fig. 2. Artificial Neural Network Architecture

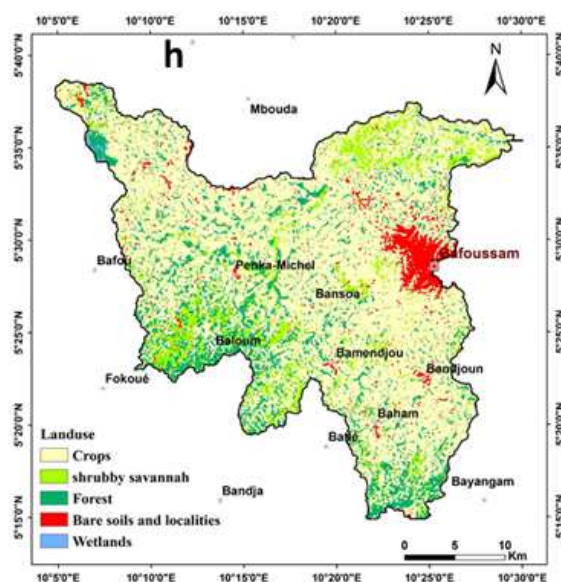
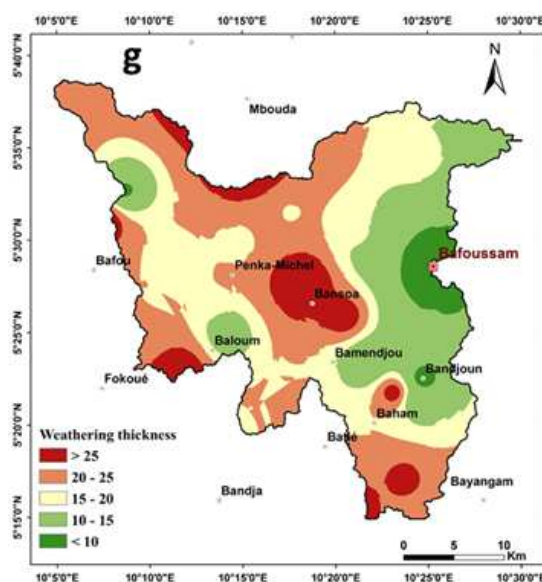
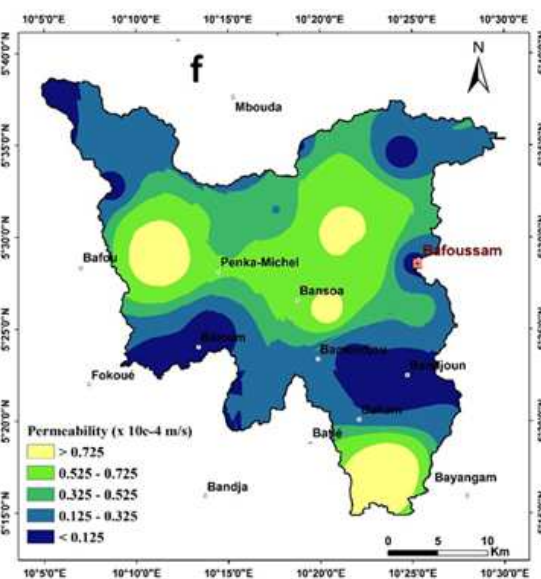
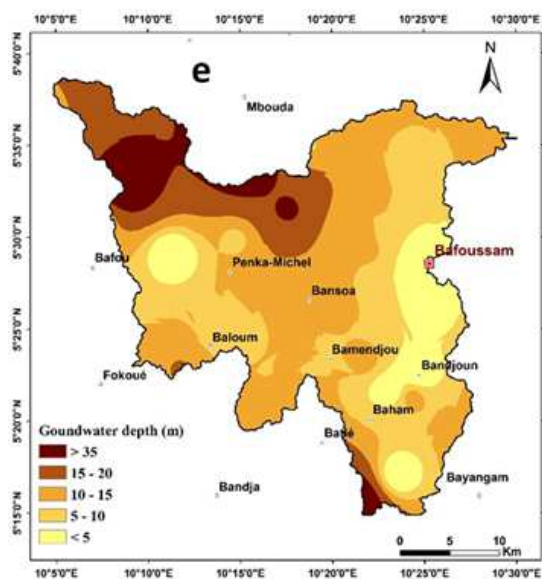
Before running the ANN program, the groundwater suitable and non-suitable areas were selected as training sites. Pumping rate (PR), considered as dependent variable, was interpolated on the study area, and reclassified in two classes based on scientific [21] [22] [23] and objective criteria proposed by the Inter-African Committee for Hydraulic Studies. Areas with PR data greater than $5 \text{ m}^3/\text{hour}$ were classified as groundwater suitable area training dataset, and areas with PR data less than $5 \text{ m}^3/\text{hour}$ were classified into non suitable areas dataset. Then, on the obtained binary map, 25 000 pixels were randomly selected within area with PR data greater than $5 \text{ m}^3/\text{hour}$. 75 % of these pixels was randomly selected for training and the remaining 25 % were used for validation.

The back-propagation algorithm was then applied to calculate the weights between the input and hidden layers and between the hidden and output layers. 12-12-1, 12-24-1, 12-36-1, 12-48 -1, 12-60 -1 architectures were selected for the network, with input data normalized between 0 and 1. The learning rate was set to 0.01, and the initial weights were randomly selected to values between 0.1 and 0.3. The back-propagation algorithm was used to minimize the error between the predicted output values and the calculated output values. The algorithm propagated the error backwards, and iteratively adjusted the weights. The number of epochs was set to 1000, and the root mean square error (RMSE) value used for the stopping criterion was set to 0.05. The final weights between layers acquired during training of the neural network and the contribution or importance of each of the 12 factors was used to predict groundwater potentials. Finally, the weights were applied to the entire study area, and groundwater potential map was created. The values were classified by equal areas and natural breaks (jenks) classification methods and grouped into five classes (very low, low, moderate, high and very high) for visual interpretation.

2.2.4 VALIDATION

The outputs of the neural network model after their spatialization, are presented in the form of maps. In this case, both physical, statistical and Receiver Operating Characteristic (ROC) model validations of these outputs have been done. The groundwater potential analysis results were verified using non interpolated pumping rates of 189 well locations. These locations were overlaid on the predicted map. This method is mostly used for validation of groundwater potential maps in African bedrocks aquifers [21] [22]. Finally, a ROC curve was created and area under curve (AUC) were calculated. The ROC curve explains how well the model and attributes predict groundwater potentials. In the ROC curve, the sensitivity of the model (the percentage of boreholes pixels correctly predicted by the model) is plotted against 1 - specificity (the percentage of predicted boreholes pixel over the total). ROC analysis is also considered as a powerful method for the validation of groundwater potential models [19] [3]. The AUC describes the quality of a forecast system through the system's ability to correctly predict the occurrence or non-occurrence of groundwater [24]. The ideal model yields an AUC value close to 1 (perfect fit), whereas a value close to 0.5 indicates an inaccurate model (random fit).





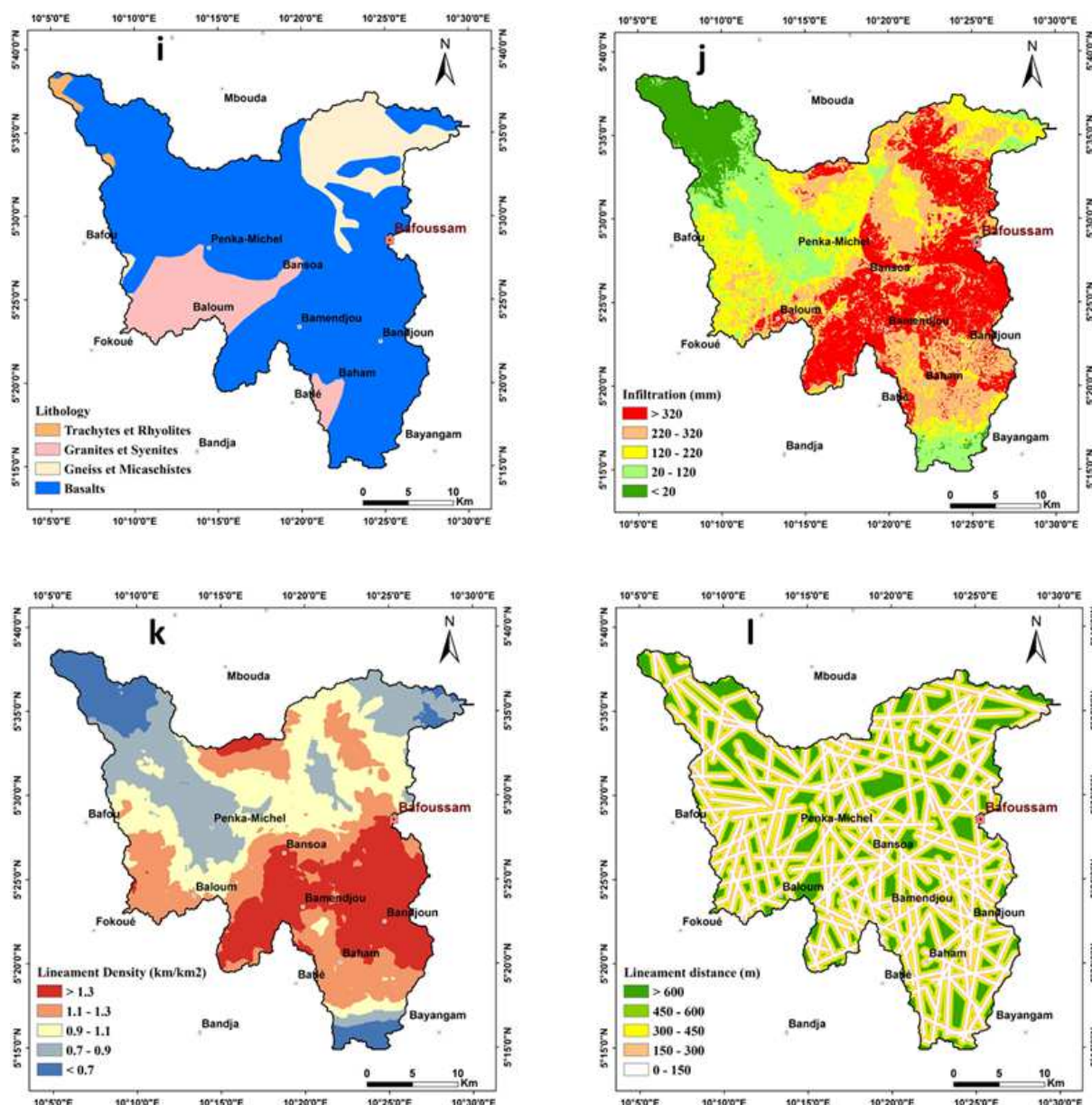


Fig. 3. Factors influencing groundwater potential in Western Cameroon Highlands; a altitude; b slope; c drainage density; d type of soils; e groundwater depth; f permeability; g weathering thickness; h landuse; i lithology; j infiltration; k lineament density; l lineament distance

3 RESULTS

3.1 GROUNDWATER POTENTIAL MAPPING

The importance and weights of each of the 12 variables used to predict the groundwater potentials are shown in **Table 1**. The weights are calculated from 5 different neural networks architectures. For quick interpretation, the average values of weights of each factor were calculated. Results show that in the western Cameroon Highland, permeability, lineament density, Weathering thickness, groundwater depth, altitude, and lithology are the most important factors influencing groundwater potential and productivity conditions. The weights for these factors were 0.189, 0.101, 0.0862, 0.1438, 0.0874 and 0.1175 respectively. On the other hand, the other factors (distance to lineaments, drainage, slope, infiltration, type of soils, and landcover) had a minor effect on groundwater potential. To obtain the final groundwater potential map, weights were applied to the entire study area.

3.2 VALIDATION

Firstly, 189 pumping rates GPS data locations have been collected, classified into five classes according to criteria proposed by the Inter-African Committee for Hydraulic Studies (CIEH), and used to verify the model output. The result shows in much cases (**Fig. 5**), agreement between high pumping rates and high groundwater potential areas with an overall accuracy of 83.2%. Secondly, the ROC curve have been used for examining the quality of deterministic and probabilistic detection of groundwater potential zones. **Fig. 5** shows the ROC curve of the 5 ANN models performed.

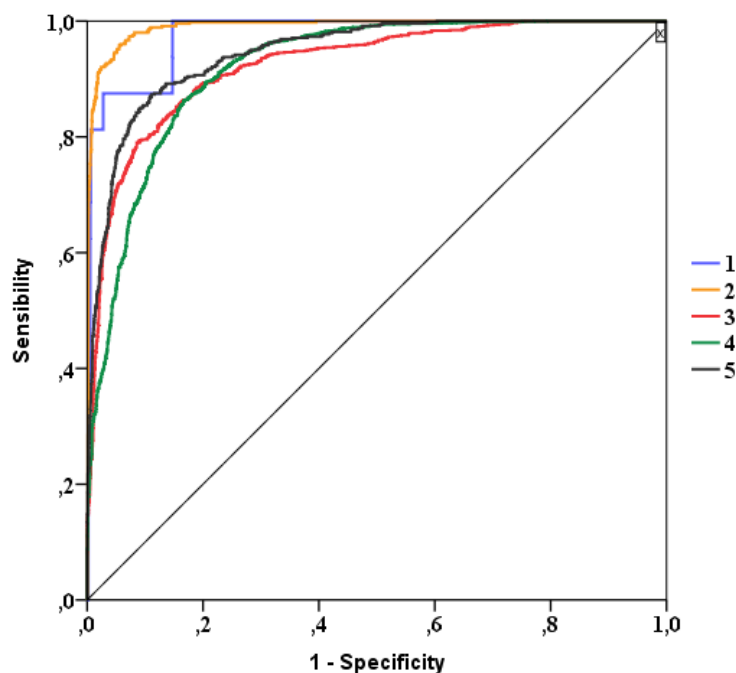


Fig. 5. ROC curve evaluations of the groundwater potential map of the 5 tested ANN architecture

The AUC values of each model are presented in **Table 2**. High obtained values of AUC (between 0.9 and 1) indicate the good ability of ANN models to demarcate groundwater potential zones.

Table 2. AUC and the precision accuracies of the 5 different ANN models

NETWORKS	AUC	Accuracy
1	0,977	97,70%
2	0,95	95,00%
3	0,925	92,50%
4	0,921	92,10%
5	0,946	94,60%

4 DISCUSSION

In this study, twelve factors (altitude, geology, lineament density, lineament distance, slope, soil, drainage density, groundwater depth, landuse, permeability, weathering thickness, and recharge) were investigated to map groundwater potentials in western Cameroon Highlands. Each factor is important for a proper determination of a groundwater potential map. ANN model calculated the relative importance and weights of these factors with an average accuracy of 95%. Hydrogeological factors such as permeability (0.189), groundwater depth (0.438), lithology (0.1175) and lineament density (0.1008) showed the highest weight values and relative importance (100%, 76, 2%, 62, 3% and 53, 4% respectively) in the study area. The results obtained agree with previous studies [4] [5] [6] mostly based on relations between the above factors

and groundwater. [6] studied through field surveys, the influence of lithology, and lineament density on groundwater potential. [4] proved that low groundwater depth are mostly found in high groundwater potential areas. According to [21], [25] [26] and [23], permeability may have significant influences on groundwater formation. In Western Cameroon Highlands, controlling variables such as altitude, weathering level of rocks, and drainage density also play a significant role in mapping groundwater potential with relative importance of 46.3%, 45.7% and 41.3%. Other factors like landuse, slope, infiltration and distance to lineaments have low influence although they are mostly used in previous studied carried in Africa [7] [5] [27] [6] [8] [9] [10].

A simple arithmetical model has been adopted to integrate the weighted thematic maps and the final groundwater potential map was categorized into five zones. Validation show an overall accuracy of 83.2%. Very high and high groundwater potential areas were distributed in areas with metamorphic (gneiss) and volcanic (basalts, tuffs, ignimbrites...) rocks and soils of low drainage, low altitude, high lineament density, high permeability, very high infiltration and very low groundwater depth.

GIS, remote sensing and ANN models have proved to be powerful and cost effective method for determining groundwater potential in Western Cameroon Highlands. Some weaknesses of this methodology can be pointed out. In ANN models, it is difficult to follow the internal process of the procedure. ANN entails a long execution time with a heavy computing load. Also, there is a need to convert data to another format like ASCII for usages in an ANN program. Finally, dealing with continuous and discrete data in an ANN program is an intriguing task. Nevertheless, in some cases, maps can be predicted maps from ANN with higher accuracy like others predictors such as frequency ratio model [28] [15], weights of evidence [16] [17], and decision tree [14].

5 CONCLUSION

This study demonstrates the capabilities of remote sensing, GIS and ANN models for demarcation of different groundwater potential areas in Western Cameroon Highlands. The occurrence of groundwater in the study area is controlled by altitude, geology, lineament density, lineament distance, slope, soil, drainage density, groundwater depth, landuse, permeability, weathering thickness, and infiltration as revealed from literature, GIS analyses and field investigations. Remote sensed ALOS PALSAR, LANDSAT OLI, SRTM – DEM data, digital image processing techniques and GIS tools helped in generating thematic maps. Additionally, using an artificial neural network, the relative importance and weight of these factors were calculated. These weights indicate that the hydrogeological factors such as permeability, lineament density, weathering thickness, groundwater depth, altitude, and lithology were more important factors than distance to lineaments, drainage, slope, infiltration, type of soils, and landuse, in terms of their effect on the groundwater-potential map in this study. The resultant groundwater-potential map can be applied to the establishment of development and management plans for use of groundwater resources, such as for regional groundwater development planning, decisions about promising areas for groundwater development, and control over water supply system. This maps also can help planners choose locations suitable for implementing further detailed explorations. Moreover, the use of the same analysis in other regions of Cameroon with similar topographic and geological conditions is necessary and could result in time and cost savings in predicting groundwater potentials areas.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are thankful to the International Foundation for Science (IFS) for providing financial support to this research. They also thank European Space Agency (ESA) for offering ALOS PALSAR satellite images on the study area.

REFERENCES

- [1] K. M. Mayilvaganan, P. Mohana et K. B. Naidu, «Delineating groundwater potential zones in Thuringapuram watershed using geospatial techniques,» *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 4, n° 111, pp. 1470 - 1475, 2011.
- [2] P. H. Gleick, «Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources,» Oxford University Press, New York, 1993.
- [3] S. Lee, K. Y. Song, Y. S. Kim et S. Park, «Regional groundwater productivity potential mapping using a geographical information system (GIS) based artificial neural network model,» *Hydrogeology Journal*, vol. 20, pp. 1511 - 1527, 2012.
- [4] E. Temgoua, T. H. Djeuda, E. Tanawa, C. Guenat et H. R. Pfeifer, «Groundwater fluctuations and footslope ferricrete soils in the humid tropical zone of southern Cameroon,» *Hydrol. Process*, vol. 19, 2005.
- [5] A. Nono, H. Wabo et S. M. Biaya, «) Influences comparées de la lithologie et de la tectonique sur la dynamique et la

- chimie des eaux souterraines sur les hauts plateaux volcaniques de l'Ouest et sur le socle panafricain à l'Est du Cameroun.,» chez *20th Colloquium of African Geology 02 - 07 Juin 2008*, Orléans, France, 2008.
- [6] A. Nono, J. D. Likeng, H. Wabo, G. Tabue Youmbi et S. Biaya, «Influence de la nature lithologique et des structures géologiques sur la qualité et la dynamique des eaux souterraines dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun.,» *Int. J. Biol. Chem. Sciences*, vol. 3, n° 12, pp. 218 - 239, 2009.
- [7] B. Saley, *Système d'informations hydrogéologiques à référence spatiale, discontinuités pseudo-images et cartographies thématiques des ressources en eau de la région sémi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire., Abidjan, Côte d'Ivoire: Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody*, 2003.
- [8] A. Koudou, K. F. Kouamé, M. Youan Ta, M. B. Saley, J. P. Jourda et J. Biémi, «Contribution des données ETM+ de LANDSAT, de l'analyse multicritère et d'un SIG à l'identification de secteurs à potentialité aquifère en zone de socle du bassin versant du N'zi (Côte D'Ivoire),» *Photo Interpretation European Journal Of Applied Remote Sensing*, vol. 16, pp. 98 - 115, 2011.
- [9] M. S. Abdou Babaye, *Évaluation des ressources en eaux souterraines dans le bassin de Dargol (Liptako – Niger)., Thèse de Doctorat de l'Université de Liège*, 2012.
- [10] M. K. Gumma et P. Pavelic, «Mapping of groundwater potential zones across Ghana using remote sensing, geographic information systems, and spatial modeling.,» *Environ. Monit. Assess*, vol. 185, pp. 3561 - 3579, 2013.
- [11] M. A. Manap, B. Nampak, B. Pradhan, S. Lee, A. Sulaiman et M. F. Ramli, «Application of probabilistic-based frequency ratio model in groundwater potential mapping using remote sensing data and GIS.,» *Arab J Geosci*, 2012.
- [12] K. Bera et J. Bandyopadhyay, «Groundwater potential mapping in Dulung Watershed using remote sensing and GIS techniques, West India.,» *International Journal of Science and Research*, vol. 2, n° 112, pp. 1 - 7, 2012.
- [13] R. Al-Ruzouq, A. Shanableh et T. Merabtene, «Geomatics for mapping of Groundwater Potential Zones in Northern part of the United Arab Emirates - Sharjah City.,» chez *International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11 - 15 May*, Berlin, Germany, 2015.
- [14] S. Lee et L. C. Wook, «Application of Decision Tree Model to Groundwater Productivity Potential Mapping.,» *Sustainability*, vol. 7, pp. 13416 - 13432, 2015.
- [15] A. S. Naghibi, H. R. Pourghasemi, Z. S. Pourtaghi et A. Rezaei, «Groundwater qanat potential mapping using frequency ratio and Shannon's entropy models in the Moghan watershed, Iran.,» *Earth Sci Inform*, 2014.
- [16] A. Corsini, F. Cervi et F. Ronchetti, «Weight of evidence and artificial neural networks for potential groundwater spring mapping: An application to the Mt. Modino area, Northern Apennines.,» *Geomorphology*, vol. 111, pp. 79 - 87, 2009.
- [17] S. Lee, Y. S. Kim et H. J. Oh, «Application of a weights-of-evidence method and GIS to regional groundwater productivity potential mapping.,» *J. Environ. Manag.*, vol. 96, pp. 91 - 105, 2012a.
- [18] B. Pradhan, S. Lee et M. F. Buchroithner, «A GIS-based back-propagation neural network model and its cross-application and validation for landslide susceptibility analyses.,» *Computer, Environment and Urban Systems*, vol. 34, n° 13, pp. 216 - 235, 2010a.
- [19] B. Pradhan et S. Lee, «Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling.,» *Environmental, Modelling Software*, vol. 25, pp. 747 - 759, 2010b.
- [20] W. Zhou, «Verification of the nonparametric characteristics of backpropagation neural networks for image classification.,» *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 37, n° 12, pp. 771 - 779, 1999.
- [21] J. P. Jourda, M. B. Saley, E. V. Djagoua, K. J. Kouamé, J. Biémi et M. Razack, «Utilisation des données ETM+ de Landsat et d'un SIG pour l'évaluation du potentiel en eau souterraine dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : approche par analyse multicritère et test de validation.,» *Revue Télédétection*, vol. 5, n° 14, pp. 339 - 357, 2006.
- [22] M. Youan Ta, T. Lasm, J. P. Jourda, B. Saley, G. M. Adja, K. Kouamé et J. Biémi, «Cartographie des eaux souterraines en milieu fissuré par analyse multicritère : Cas de Bondoukou (Côte-d'Ivoire).,» *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 21, n° 11, pp. 43 - 71, 2011.
- [23] A. Koudou, B. Adiaffi, T. V. Assoma, A. P. Sombo, E. M. Amani et J. Biémi, «Conception d'un outil d'aide à la décision pour la prospection des eaux souterraines en zone de socle du sud-est de la Côte d'Ivoire.,» *Geo-Eco-Trop*, vol. 37, n° 12, pp. 211 - 226, 2012.

- [24] K. C. Devkota, A. D. Regmi, H. R. Pourghasemi, K. Youshid, B. Pradham, I. Ryu, M. R. Dhital et O. F. Althuwanee, «Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling- Narayanghat road section in Nepal Himalaya,» *Nat. Hazards*, vol. 65, pp. 135 - 165, 2013.
- [25] M. Youan Ta, Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Cas de la région de Bondoukou Nord Est de la Côte d'Ivoire, Abidjan: Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, 2008.
- [26] V. M. Sorokoby, M. B. Saley, K. F. Kouamé, E. V. Djagoua, M. Bernier, K. Affian et J. Biémi, «Apport des images Landsat ETM+ et du SIRS dans la gestion des ressources en eau souterraine de Soubré-Méagui (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire).», chez *Xième Journéess Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF, Madagascar*, 2008.
- [27] B. Dibi, Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans le département d'Aboisso (Sud-est de la Côte d'Ivoire) : apport du SIG et de l'analyse multicritère, Abidjan: Thèse de Docotrat de l'Université de Cocody, 2008.
- [28] A. M. Al-Abadi, «Modeling of groundwater productivity in northeastern Wasit Governorate, Iraq using frequency ratio and Shannon's entropy models,» *Appl Water Sci.*
- [29] B. Pradham et S. Lee, «Landslide risk analysis using artificial neural network model focussing on different training sites.,» *International Journal of Physical Science*, vol. 4, n° %11, pp. 001 - 015, 2009.
- [30] N. A. Nanfack, E. Temgoua, J. D. Likeng et J. P. Djoukouo Tutchamo, «Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres.,» *Larhyss Journal*, vol. 17, pp. 47 - 64, 2014.
- [31] D. M. Moghaddam, H. R. Rezaei, Z. S. Pourghasemi et B. Pourtaghei, «Groundwater spring potential mapping using bivariate statistical model and GIS in the Taleghan Watershed,» *Arabian Journal of Geosciences*, 2013.

Caractérisation et identification de deux espèces du genre *Clarias* (*C. gariepinus* et *C. ngamensis*) dans la région de Lubumbashi, RD Congo

Mfwana Inabanza David¹, Kasongo Tengwa Germain², Ntende Mwenze Benjamin², Katemo Manda Bauchet¹, and Chocha Manda Auguste¹

¹Unité de recherche en Biodiversité et Exploitation durable des Zones Humides(BEZHU), Facultés des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

²Faculté des sciences Agronomiques, Université de Kamina (UNIKAM),
Haut- Lomami, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work was initiated in the objective to characterize and identify the species of the *Clarias* kind within wild stock as servant in the zoological garden of Lubumbashi, RDC. For the identification groups, the techniques of measurement and counting were carried out on the basis of 7 morphometric measurement on 70 fish, in addition to the counting of the branchiospines on the first branchial arc and of the vertebrae. The study was supplemented by the morphological observations on the presence of the outline of the fat fin. The results obtained indicate that there are two species, *C. gariepinus* and *C. ngamensis*. Indeed, the morphological observations supported by the analysis of the neurales spines indicate that there are individuals presenting the atrophied fat fin (*C. ngamensis*) and of other not (*C. gariepinus*). The number of the branchiospines on the first arc branchial also states that certain individuals lay out about it in a high number than others. *Clarias gariepinus* presented more of the branchiospines on the first arc than *Clarias ngamensis*. These results show obviously that in the batch of fish raised at the zoological garden of Lubumbashi, there are two species of the *Clarias* kind.

KEYWORDS: clarias, branchiospines, fat fin, Lubumbashi, measurement.

RESUME: Ce travail a été initié dans l'objectif de caractériser et identifier les espèces du genre *Clarias* au sein des stocks sauvage et domestique au jardin zoologique de Lubumbashi en RD. Congo. Pour l'identification des groupes, les techniques de mensuration ont été effectuées sur base de 7 mesures morpho métriques sur 70 poissons, puis le comptage des branchiospines sur le premier arc branchial et des vertèbres a été réalisé, en plus ces deux techniques ont été complétées par les observations morphologiques sur la présence de l'ébauche de la nageoire adipeuse. Les résultats obtenus confirment qu'il y a deux espèces, *C. gariepinus* et *C. ngamensis*. En effet, les observations morphologiques appuyées par l'analyse des épines neurales indiquent qu'il existe des individus présentant la nageoire adipeuse atrophiée (*C. ngamensis*) et d'autres non (*C. gariepinus*). Le nombre des branchiospines sur le premier arc branchial indique aussi que certains individus en disposent en nombre plus élevé que d'autres. Le *Clarias gariepinus* a présenté plus des branchiospines sur le premier arc branchial que le *Clarias ngamensis*. Ces résultats montrent évidemment que dans le lot des poissons élevés au jardin zoologique de Lubumbashi, il y a deux espèces du genre *Clarias*.

MOTS-CLEFS: clarias, branchiospines, nageoire adipeuse, Lubumbashi, mensuration.

1 INTRODUCTION

Les poissons jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation humaine comme source de protéines, dont ils constituent 15,7% des apports en protéines animales. Pourtant, malgré son importance pour l'homme, cette ressource se détériore constamment suite aux nombreuses activités humaines qui menacent la biodiversité et les stocks exploités des ressources disponibles [1]. Seule l'aquaculture pourrait relever pareil défi car, d'après l'auteur [2], l'aquaculture doit combler un déficit de 150 millions de tonnes à l'horizon 2050, afin de couvrir les besoins alimentaires de l'humanité, si l'on admet la constance des captures actuelles de la pêche. En Afrique, la production de la pisciculture africaine au sud du Sahara, bien que peu développée, présente une forte contribution de 23,1% de protéines animales (pour une moyenne mondiale de 16,5%), malgré son état embryonnaire en quête de voie de développement [3]. Les auteurs [4] stipulent que le développement de la pisciculture, pourrait entraîner l'amélioration de la sécurité alimentaire de l'Afrique subsaharienne et satisfaire ainsi la forte demande locale.

Le même constat était fait par [5] dans le bassin du Congo où le secteur de la pisciculture reste très peu développé et presque insignifiant suite aux mauvaises pratiques qui le caractérisent jusque là [6]. D'après les auteurs [5], [6], la RDC recourt à l'importation de plus de 100 000 tonnes des chinchard pour compenser le déficit en produits halieutiques et satisfaire la demande interne très élevée en protéines animales, malgré ses fortes potentialités aquacoles.

Face à cette situation chaotique, l'auteur [7] préconise le développement de la pisciculture comme un des enjeux majeurs pour booster l'économie et la sécurité alimentaire de l'Afrique subsaharienne en général et de la RD. Congo en particulier. En outre, la forte préférence, manifestée par de nombreuses populations africaines pour la consommation des poissons provenant des eaux continentales, milite pour l'identification et l'élevage des espèces autochtones d'intérêt aquacole. Les auteurs [4], [8], [9] pensent que cette démarche, permettrait de mettre en évidence des espèces négligées et mal connues révélant un potentiel aquacole supérieur à celui d'une espèce sœur ou d'un genre très voisin utilisé jusqu'alors, diversifiant ainsi la production aquacole.

Selon les auteurs [3] et [5], la production aquacole de l'Afrique subsaharienne repose essentiellement sur deux groupes d'espèces autochtones : les tilapias et les poissons chats. Et parmi les clariidae, le poisson chat africain (*clarias gariepinus* Burchell) reste la seule espèce endémique à l'Afrique atteignant les records mondiaux de biomasse ($> 400\text{kg/m}^3$ d'eau) en système intensif et dont l'élevage est bien maîtrisé depuis l'année 1970.

Cette espèce présente beaucoup d'avantages sur le plan socio-économique (création de l'emploi, revenu), et sécurité alimentaire (chair sans arrêtes, protéine animale de haute qualité, faible teneur de cholestérol, etc.). En outre, elle demeure une espèce importante d'aquaculture pour beaucoup de grands pays producteurs de poissons.

Nonobstant les multiples avantages ci-haut cités, à Lubumbashi, l'élevage des clarias à grande échelle n'a pas encore commencé faute de centre d'alevinage et d'identification des souches autochtones à haut potentiel aquacole [6].

Les études menées par l'auteur [10] ont révélé, après analyse phylogénétique basée sur l'ADN mitochondrial, la présence de deux espèces de clarias dans la région de Lubumbashi : *Clarias gariepinus* et *Clarias ngamensis* pour lesquels l'on disposait peu d'informations dans la région. En effet, la grande différence entre les deux espèces est la présence d'une petite nageoire adipeuse qui peut représenter 5,9 à 12,5% de la longueur standard chez le *C. ngamensis* [11]. C'est dans le but de lever cette option que cette étude a été menée en vue de caractériser et identifier les clarias récoltés dans le milieu naturel de la région de Lubumbashi.

Partant des multiples avantages offerts par le *C. gariepinus* et les espèces voisines du même genre, cette étude permettrait le développement de la pisciculture à Lubumbashi.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Le site piscicole du jardin zoologique de Lubumbashi situé à plus ou moins 2 Km du centre-ville a servi de cadre d'étude pour cette recherche. En effet, la ville de Lubumbashi est située à 1 224 m d'altitude moyenne, à 11°40' de latitude Sud et 27°8' de longitude Est. Du point de vue du climat régional, Lubumbashi et ses hinterlands, sont caractérisés par une température moyenne annuelle de 20°C. Le régime pluviométrique de cette ville est caractérisé par une saison des pluies (novembre à mars), une saison sèche (mai à septembre) et deux mois de transition (octobre et avril). Pour la période de 1985

à 2005, la moyenne générale des précipitations annuelles a été de 1100,1 mm [12]. La ville de Lubumbashi est drainée par le bassin hydrographique de la rivière Kafubu qui, elle même, appartient au système Luapula-Moero.

2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Soixante dix spécimens du genre *Clarias* élevés au jardin zoologique de Lubumbashi (stocks sauvage et domestique des géniteurs) ont constitué le matériel biologique pour cette étude. Sur chaque spécimen, sept mesures morpho métriques ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse de 0,1mm de précision, il s'agit notamment de : la longueur totale, la longueur standard, la longueur de la tête, la distance pré-dorsale, la longueur de la nageoire dorsale, la distance pré-anale, la distance entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale. Le poids vif individuel était prélevé avec une balance électronique de 0,1 g de précision. Le comptage des branchiospines sur le premier arc branchial, le nombre des vertèbres et la présence de l'épine neurale étaient réalisés par simple observation. Les poissons étaient trempés dans l'eau bouillante pendant dix minutes puis les muscles ont été soigneusement détachés du squelette sans altérer la structure des vertèbres avant le comptage. Le logiciel statistica 7.1 a servi au calcul de moyennes entre les deux espèces et à l'analyse en composantes multiples des données morpho métriques. Les images étaient prises à l'aide de l'appareil photo électronique.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPARAISON DE LA MORPHOLOGIE

La comparaison de la morphologie des différents individus du genre *Clarias* montre que certains d'entre eux disposent de la nageoire adipeuse (Photo 1) pendant que d'autres n'en disposent pas (Photo 2) où la distance entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale est presque nulle.



Photo. 1. Spécimen présentant la morphologie du *C. ngamensis*



Photo 2. Spécimen présentant la morphologie du *C. gariepinus*

3.2 PRÉSENCE DE L'ÉPINE NEURALE

Les résultats obtenus sur le squelette montrent sur la photo 3, une présence des épines neurales (c'est-à-dire l'élongation des rayons au niveau supérieur du pédoncule caudal) servant à supporter la nageoire adipeuse alors que sur la photo 4, on observe que les rayons ont la même taille

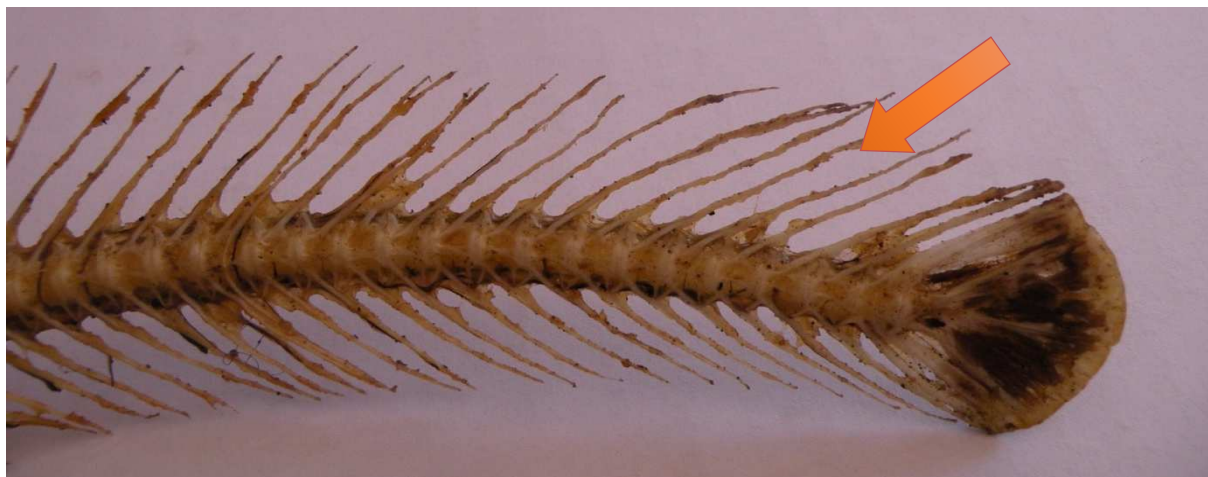


Photo 3. Vue latérale du squelette au niveau du pédoncule caudal du Clarias ngamensis



Photo 4. Vue latérale du squelette au niveau du pédoncule caudal du Clarias gariepinus

3.3 NOMBRE DES VERTÈBRES

Le nombre des vertèbres est très similaire sur les spécimens étudiés comme présenté dans le tableau 3.

Tableau 3. Nombre des vertèbres de 4 spécimens étudiés

N° du spécimen	Nombre des vertèbres
1	59
2	58
3	55
4	48

3.4 NOMBRE DES BRANCHIOSPINES

Les résultats obtenus sur ce paramètre montrent que certains spécimens ont plus des branchiospines sur le premier arc branchial que d'autres. La comparaison des deux photos (5 et 6) montre que chez certains clarias (Photo 5), le nombre des

branchiospines est très élevé et les branchiospines sont très serrées contrairement aux autres (Photo 6) où le nombre est faible et les branchiospines très espacées.



Photo 5. Vue du premier arc branchial du C. gariepinus

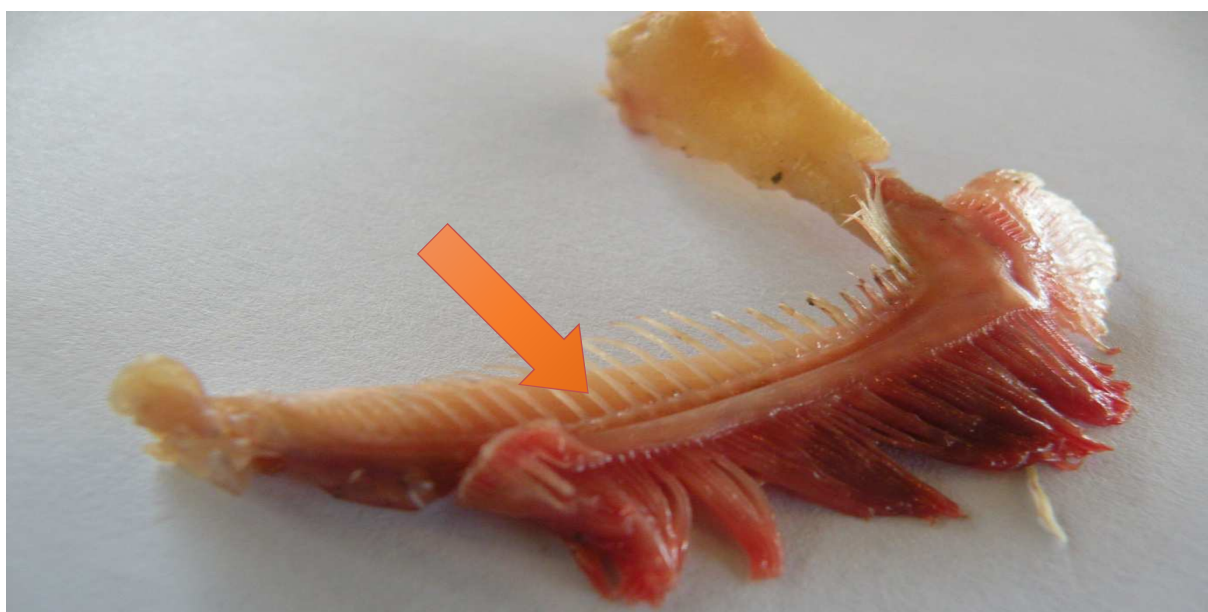


Photo 6. Vue du premier arc branchial du C. ngamensis

3.5 MORPHOMÉTRIE

La projection spatiale des données obtenues grâce à l'analyse en composantes principales (ACP) montre que la nageoire adipeuse évolue indépendamment des autres mesures morpho métriques (Figure 6). Cependant la figure 7 révèle clairement que les individus observés se regroupent en deux classes, ceux dont le rapport DDCF/LS est supérieur à 6 appartiennent à l'espèce *C. ngamensis* et d'autres dont ce rapport est inférieur à 6 appartiennent ainsi à l'espèce *C. gariepinus*.

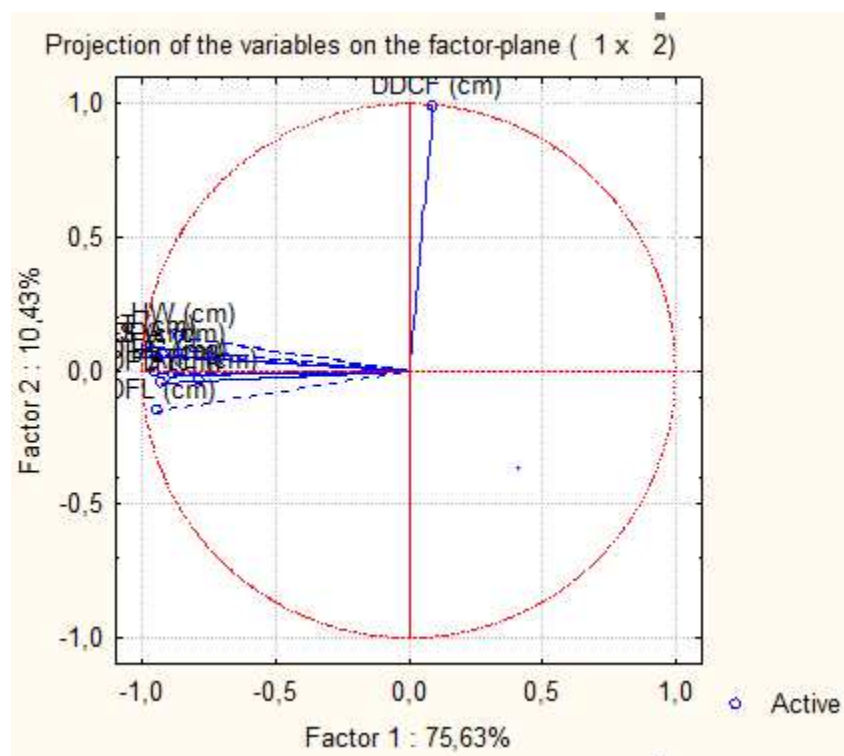


Figure 6. Projection spatiale des données morpho métriques

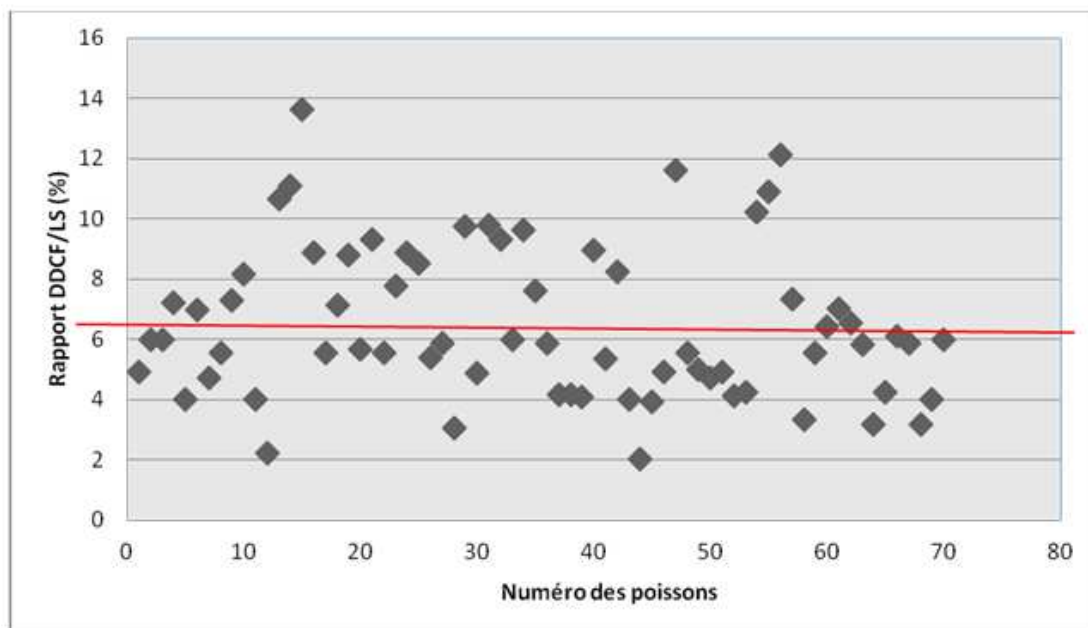


Figure 7. Projection spatiale du rapport entre la DDCF et la longueur standard

4 DISCUSSION

4.1 COMPARAISON DE LA MORPHOLOGIE

La comparaison de la morphologie des différents individus de *Clarias* élevés au jardin zoologique montre que certains individus appartiennent à l'espèce *C. ngamensis* et d'autres à l'espèce *C. gariepinus* (Photos 1 et 2). En effet, l'analyse

minutieuse de la photo 1 montre que la distance entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale est très grande (15% par rapport à la longueur standard), ce qui signifie selon [13] qu'il s'agit, sans nul doute, du *C. ngamensis*. Cette photo laisse voir l'ébauche de la nageoire adipeuse qui, selon [14], est le caractère distinctif principal entre les deux espèces du genre *Clarias*. Tandis que sur la photo 2, la distance entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale est presque nulle contrairement à celle sur la photo 1. Selon [15], le *C. gariepinus* ne présente pas de nageoire adipeuse, ce qui justifierait le rapprochement entre les nageoires caudale et dorsale.

4.2 PRÉSENCE DE L'ÉPINE NEURALE

L'épine neurale sert de support à la nageoire adipeuse et sa présence indique que les poissons disposent d'une nageoire adipeuse atrophiée. Autrement, seul le *C. ngamensis* ne peut en disposer. Sur la photo 3, on aperçoit nettement la présence des épines neurales (c'est-à-dire l'élongation des rayons au niveau supérieur du pédoncule caudale) servant à supporter la nageoire adipeuse, d'où il s'agit, clairement, d'une espèce disposant d'une nageoire adipeuse.

Les résultats de [16] obtenus par radiographie confirment que le *C. ngamensis* présente les caractéristiques telles que présentées sur la photo 3.

4.3 NOMBRE DES VERTÈBRES

Les résultats obtenus sur ce paramètre sont très proches pour les deux espèces. Il faut noter que les valeurs disponibles sur [17] indiquent que le *C. gariepinus* compte 66 à 110 vertèbres alors que le *C. ngamensis* n'en compte que 54 à 56. Comparant ces données avec les résultats obtenus dans cette étude, on constate que les valeurs du *C. ngamensis* sont dans la marge proposée alors que celles du *C. gariepinus* sont minimales et hors marge.

4.4 NOMBRE DES BRANCHIOSPINES

En pratique, [18] indique que le *C. gariepinus* possède le plus grand nombre des branchiospines (24 à 110) que toutes les autres espèces du genre *Clarias*. Les résultats obtenus, ici, montrent une disparité qui va de 60 à 68 branchiospines pour les individus présentant la morphologie de *C. gariepinus*, de 29 à 33 branchiospines pour ceux présentant la morphologie du *C. ngamensis*.

En effet, [14] indique tout de même que le nombre des branchiospines sur le premier arc branchial varie en fonction de la région de l'Afrique où se trouve le *C. gariepinus*. Il note que ce nombre varie de 27 à 71 branchiospines dans le Lualaba (cours supérieur du fleuve Congo). Ceci est en parfaite adéquation avec les résultats obtenus (photo 5 et photo 6).

La disposition des branchiospines détermine le comportement alimentaire du *Clarias*. Il est admis que le *C. gariepinus* a un régime omnivore à tendance carnivore [17]. En élevage, il consomme préférentiellement les planctons [18]. Ceci justifie le nombre élevé des branchiospines sur le premier arc branchial et surtout leur rapprochement pour mieux filtrer l'eau et capter le maximum de petites proies. À l'inverse, peu d'informations sont disponibles sur le comportement alimentaire du *C. ngamensis*. [19] signale qu'il a une préférence pour les grosses proies (mollusques, insectes, crabes et les poissons).

4.5 MORPHOMÉTRIE

D'après [14], l'intervalle entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale est très faible pour le *C. gariepinus* mais représente chez le *C. ngamensis* 5,9 à 12,5% de la longueur standard. La figure 7 fait une présentation spatiale du rapport nageoire adipeuse sur longueur standard. Il découle de cette figure que tous les poissons dont le rapport est supérieur ou égal à 6 sont considérés comme appartenant à l'espèce *C. ngamensis*. Sur les 70 poissons, 29 sont des *C. ngamensis* (tous les individus qui sont au-dessus de la droite en rouge sur la figure 7) et les autres appartiennent au groupe de *C. gariepinus*.

5 CONCLUSION

Les techniques de mensuration, de comptage et les observations morphologiques ont permis d'identifier deux groupes de poissons: le premier groupe ayant la nageoire adipeuse atrophiée, un nombre des branchiospines moins élevé sur le premier arc branchial, la distance entre la nageoire caudale et la nageoire dorsale variant entre 5,9 et 12,5 % de la longueur standard (*C. ngamensis*). Le deuxième groupe, caractérisé par l'absence de nageoire adipeuse, un nombre élevé de branchiospines sur le premier arc branchial et les nageoires dorsale et caudale confluentes (*C. gariepinus*).

A la fin de cette étude, il est évident que dans le lot des poissons élevés au jardin zoologique de Lubumbashi, il y a deux espèces du genre *Clarias*.

REFERENCES

- [1] Y. A. Kon An., M. BAMBA & T. Koné, " Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation de *Clarias buettikoferi* (Siluriformes ; Clariidae) dans la forêt des marais Tanoé-Ehy (Côte d'Ivoire)" *Cybum* ,38 (1),2014.
- [2] Jérôme Lazard, " Les paradoxes et les questionnements soulevés par l'exploitation de la biodiversité (autochtone et introduite en aquaculture) ", *Académie d'Agriculture de France*, 2013.
- [3] I. Hanquiez et M. Oswald, " Développer la pisciculture en Afrique tropicale humide pour renforcer la sécurité alimentaire", *Grain de sel* n° 46-47 — mars – août 2009 .
- [4] J. Lazard et M. Legendre, "La pisciculture africaine : enjeux et problèmes de recherche", *Cahiers Agricultures*, vol 3 :83-92, 1994.
- [5] Jean-Claude MICHA, " La pisciculture dans le bassin du Congo : passé, présent et futur", *USTHB- F BS- 4 th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems"* CIPCA4"TAGHIT (Bechar)–ALGERIA,19-21November, 2013.
- [6] L. B. G. KOMBOZI, "Rapport sur l'inventaire descriptif et bilan critique des politiques et programmes nationaux de développement aquacole en République Démocratique du Congo," SARNISSA: Sustainable Aquaculture Research Networks in Sub Saharan Africa, 2010.
- [7] M. Legendre et C. Lévêque, "Les poissons des eaux continentales africaines", *l'Aquaculture – horizon documentation*, ird, 1994
- [8] INTERAFRICAN BUREAU FOR ANIMAL RESOURCES, " African Catfish *Clarias Gariepinus*", *UA-IBAR* 2015.
- [9] M. A Chocha., "Evolutionary genetics of the catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in the Congo Basin", Thèse FUNDP-NAMUR 2010.
- [10] R.Froese & D. Pauly, "Blunt-toothed African catfish ", 2015 [On line] Available <http://www.fishbase.org> [10/ 2015].
- [11] L.K. Nyembo, S.Y. Useni, M.M. Mpundu, M.D. Bugeme, L.E. Kasongo et L.L. Baboy, "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," *Journal of Applied Biosciences*, vol 59, pp. 4286– 4296, 2012.
- [12] G. Lutz, " Genetic improvement in the African sharptooth catfish –statuts and potential genetics and breeding," *aquaculture magazine* September/ October, 45-50, 2005.
- [13] C. Gavriloiu, et G. Chisamera, " Note on the presence of the blunt toothed African catfish, *clarias ngamensis*, Castelnau, 1861 (pisces: clariidae) in romania," *Travaux du Museum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»*, Vol. XLVIII, pp. 309–315, 2005.
- [14] G. G. Teugels, "A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae)", *Musée Royal de l'Afrique Centrale – Tervuren –Belgique, Annales –Sciences Zoologiques*, No. 247, 199 p, 1986.
- [15] G. G. Teugels, " Preliminary results of a morphological study of five African species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) (Pisces; Clariidae)", *Journal of Natural history*, 16(3): 439–464, 1982.
- [16] G. G. Teugels, "Notes on the status of *Clarias ngamensis* (Castelnau 1861), *C. mellandi* (Boulenger 1905), *C. prentissgrayi* (Fowler 1930) and *C. lamotei* (Daget and Planquette 1967) (Pisces, Clariidae) with the rehabilitation of *Dinotopteroide*s (Fowler 1930) as a subgenus of *Clarias* ", *Cybum* 7, 15–28, 1983.
- [17] G.J. De Graaf, et H. Janssen, "Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa," *A hand book*, FAO Fisheries Technical paper. 362: 109 p, 1996.
- [18] A. Zoclanclounon, "Essai de mise au point d'un aliment sec pour l'élevage larvaire de *Clarias geriepinus* (Burchell, 1822)," *DIT, 9e promotion, Université d'Abonney-Calaye*, 2002 .
- [19] P.H. Skelton, " A Complete Guide to the Freshwater Fishes of Southern Africa," (second edition). Struik, Cape Town, 2001.

CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF SECONDARY SCHOOL AGRICULTURE CURRICULUM IN KENYA'S ARID AND SEMI ARID COUNTIES: THE STUDENT'S PERSPECTIVE

Miriam Nthenya Kyule¹, Jacob J.J. Ochieng' Konyango², and Agnes Oywaya Nkurumwa¹

¹*Department of Agricultural Education and Extension, Egerton University, P.O. Box 536, Egerton, Kenya*

²*School of Agriculture and Natural Resources, Machakos University College, P.O. Box 136, Machakos, Kenya*

Copyright © 2016 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: Agriculture being the backbone of the country's economy, preparation of human resource to take the sector to a higher height is inevitable. For this to be achieved, agriculture curriculum implementation in secondary schools is paramount. Agriculture curriculum implementation is expected to equip learners with scientific knowledge and vocational skills they can use in their ecological environments. Despite the teaching of agriculture in ASAL secondary schools, ASALs have remained agriculturally under-exploited experiencing persistent food shortages. This could be partly attributed to challenges in implementation of the curriculum. Most studies have been done on challenges facing teachers in implementing agriculture curriculum in secondary schools. However, very few have focused on challenges facing the learner yet learners are the consumers of the curriculum. This study thus documents the learners' perspective of the learning resource availability, adequacy and frequency of use in their schools. The study was carried out in ASAL counties of Baringo, Makueni and Narok. The study found out that agriculture textbooks were available, adequate and frequently used. The school farm was also rated as available, adequate but rarely used. The agriculture work shop, laboratory and models were unavailable in schools while all the other resources were inadequately available. Unavailability, inadequacy and non-use of all the learning resources except the agriculture text books compromise on the quality of agricultural skills and knowledge that these learners acquire at secondary school level. This study recommends that teachers of agriculture need to be innovative and practical oriented in implementing the agriculture curriculum.

KEYWORDS: Challenges, Implementation, Agriculture curriculum, Arid and Semi Arid Counties.

1 INTRODUCTION

In Kenya, nearly 10 million people live in the ASALs which constitute about 84 percent of the country's land and experience recurrent drought and famine (Kyule, Konyango & Nkurumwa, 2015b). However, most of the farming is done in the high and medium potential areas which only accounts for less than 17 percent of Kenya's land while the rest of the land is classified as Arid and Semi Arid Lands [ASALs] which are considered less productive (Ministry of State for Development of Northern Kenya and other Arid Lands, 2011). Although Kenyan ASALs have great potential for agricultural production, they remain largely under exploited (Ministry of Planning and National Development, 2007a). Rainfall patterns are unpredictable subjecting ASAL areas to moisture stress hence improved agricultural production can only be attained through knowledge and skills that promote Dry Land Agriculture (DLA). In some developed countries such as the United States of America, agricultural institutions have taken charge of providing leadership and human resource development among the learners of agriculture at secondary school level (Kanyi, Vandenbosch, Ngesa & Kibett, 2011) and Kenya can borrow from them.

Curriculum implementation is a crucial process that requires coordinated efforts from the school administration, the agriculture teachers, the learners and other stakeholders who may be involved in supporting the process. Cheplogoi (2014) asserts that effective curriculum implementation is a product of providing adequate teaching and learning materials, professionally trained and competent personnel as well as continuous support to the process financially, morally and in kind. According to Okogu (2011), curriculum implementation is a composite of the learner, teacher, teaching learning resources, teaching methodologies, anticipated experiences and outcomes. However, inability to provide any of these requirements poses a challenge to the process and in return affecting the quality and level of agricultural skills and knowledge acquired by the learners after the programme.

Effective curriculum implementation requires that learners learn by doing (Konyango & Asienyo, 2015; Waiganjo, Wambugu, Ngesa & Cheplogoi, 2015). To create conducive environment for learning by doing, learners need access to all the relevant agriculture leaning resources. According to Mwiria (2002) and Owoeeye and Yara (2012), agriculture learning resources include a viable school farm, library, laboratory, books, workshops, spacious class rooms, relevant equipment like, machinery, hand tools, inputs and farming tools. A spacious library with adequate and up to date agriculture books and other reference materials have been found to have a positive correlation to the performance of students in agriculture (Makori & Onderi, 2013). The school farm as a teaching learning facility should be easily accessible and large enough to accommodate all students during project or demonstration work and a model farms that the community can learn from (Nyang'au, Kibet & Ngesa, 2011).

Schools offering agriculture have no option but to provide the necessary teaching and learning resources if curriculum is to be properly implemented. Teaching of agricultural practices promoting DLA in the secondary school curriculum will require provision of all the relevant learning resources for these practices to be of benefit to ASAL areas and the country at large. Agriculture curriculum implementation in Kenyan ASALs requires specific land preparation and planting equipments for DLA like animal or tractor drawn chisel and mould board ploughs, sub- soilers, planters, rollers among others (Mwenzwa, 2011). For schools to provide all these resources for learning purposes adequate financial support to the subject is paramount as was there during the introduction time in 1960s. Without financial grant, no viable agriculture curriculum can be implemented.

The history of agriculture curriculum implementation has come a long way since it was first introduced in Chavakali boys in 1959. However, the 8-4-4 system came up with a contradictory strategy that down-played the value of schools farms by recommending the teaching of agriculture in all schools irrespective of availability of land. By so doing the government failed to identify needs of school agriculture in ASALs (Saina, Kathuri, Rono, Kipsat & Sulo, 2012). The resources and facilities required included a viable school farm, laboratories, books, workshops, relevant equipment like machinery and hand tools, seeds, inputs and farming tools (Mwiria, 2002). There is need therefore to document on agriculture learning resource availability, adequacy and frequency of use in ASAL secondary schools. The agriculture learning resources focused on this study are: agriculture workshop, agriculture laboratory, agriculture rooms, farm store, farm tools and equipments, school farm, agriculture textbooks, agriculture charts, agriculture models, agriculture videos and irrigation equipments. Most studies have been done on challenges facing teachers in implementing agriculture curriculum in secondary schools. However, very few have focused on challenges facing the learner yet learners are the consumers of the curriculum. This study thus documents the learners' perspective of the learning resource availability, adequacy and frequency of use in their schools.

2 METHODOLOGY

A mixed research method was used employing descriptive research design to collect both qualitative and quantitative data. This design enabled the researcher to describe the nature of a situation as it exists at the time of study (Best & Khan 1993; Creswell, 2008; Gay, 1992 and Kothari & Garg, 2014). A total of 5,600 form three agriculture students were targeted while the accessible population was 2,470 from the five selected Sub counties in three study counties of Baringo, Makueni and Narok. Multi-stage sampling was used to select a sample of 290 form three agriculture students from five purposively selected sub counties of Mogotio, Marigat, Kibwezi, Makindu and Narok North. However, the actual sample size accessed was 271 respondents.

Both qualitative and quantitative data were collected using semi-structured questionnaires. They were analyzed using SPSS. Simple descriptive statistics mainly; means, frequencies, percentages, standard deviations and bar charts were used to present data on learning resource availability, adequacy and frequency of use.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE RESPONDENTS

The total number of student respondents who participated in the study was 271 and their distribution per Sub-county was as shown in figure 1. Kibwezi Sub-county had the highest percentage proportion while Marigat had the least.

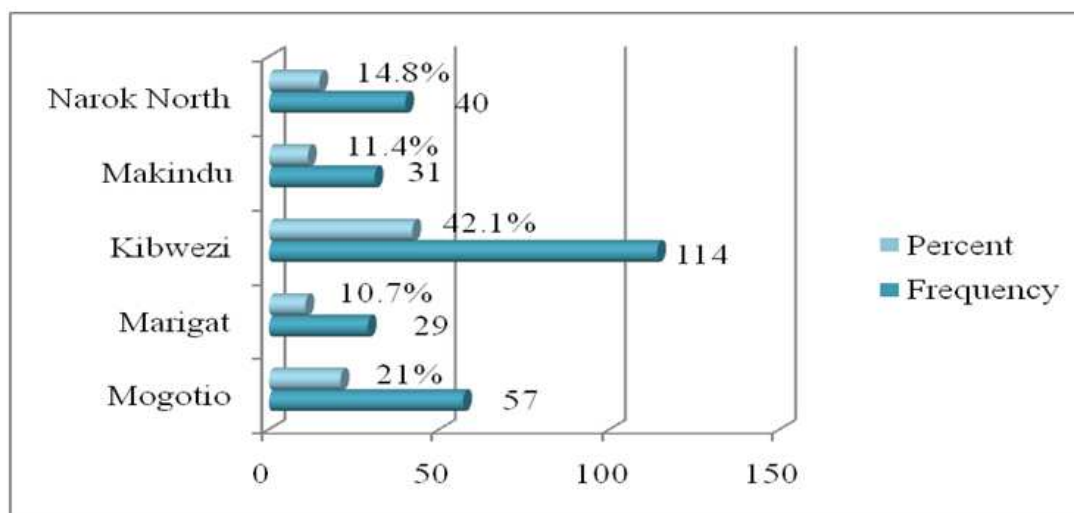


Figure 1: Number of student respondents' per Sub-county

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Characteristics that were investigated included: gender, age and subject choice and preference.

Gender: Past study by Eze, Ezenwaform and Obi, (2015), indicated male dominance in the uptake of the subject and in these ASAL schools the scenario is yet to change. However, this stirs interest since a study done by Kyule, Nkurumwa and Konyango (2015a) indicated that most of the small-scale farming in the rural areas representing over 80 percent of the farmers in the country is done by women. There is a mismatch between what the girl child expects while in school and what they end up undertaking after school. The low enrolment of female students in the subject could be attributed to traditional and sociological patterns where the subject is viewed as meant for males, lack of proper guidance and counseling and parental influence on subject selection (Akyina, Oduro & Ansah-Hughes 2015).

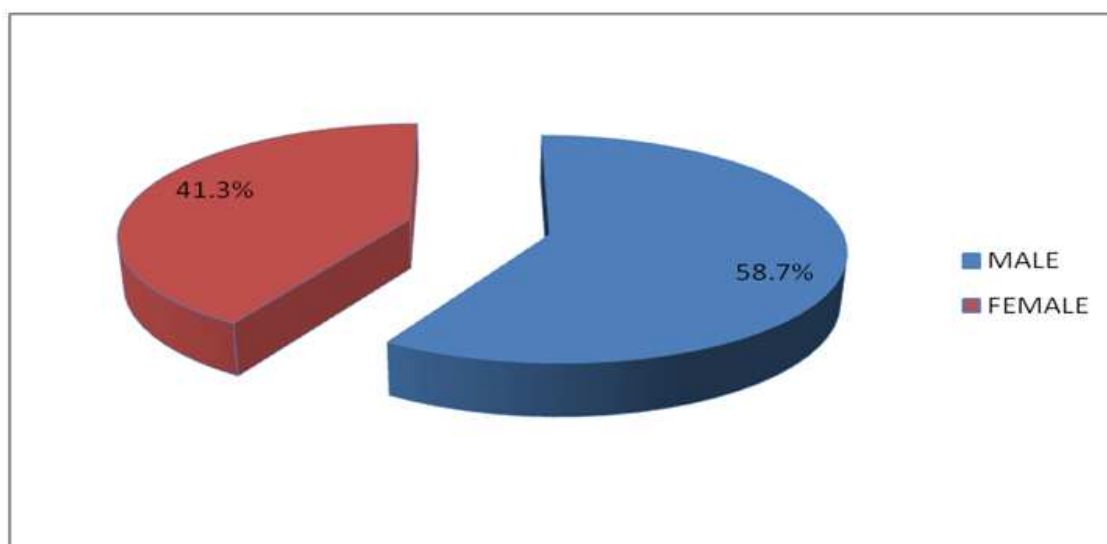


Figure 2: Percentages of student respondents' gender

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Age: The respondents' age ranged between 15-23 years, with the mean age being 17 years which is slightly above the expected age for their level of study as per the Ministry of Education. Only 46% of these respondents are within the correct age bracket for form three, 6.3% are below the age while 76.6% are beyond the expected age. A study done by Abdullahi, Mlozi & Nzalayaimisi, (2015a) found out that at the appropriate age, learners are able to make informed decisions on their subject selection in schools. Therefore most of them will make choices due to intrinsic and not extrinsic reasons. Figure 4 shows the age distribution in percentage.

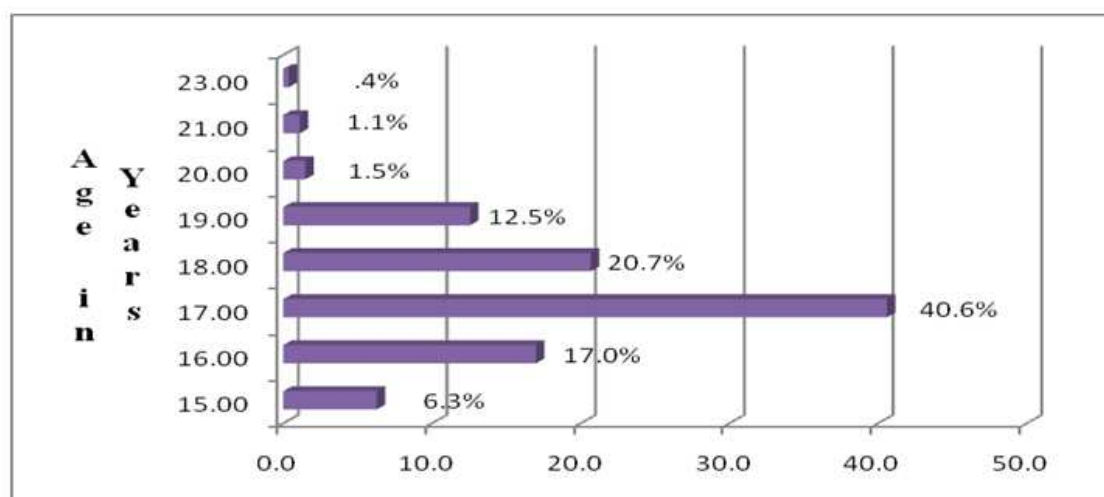


Figure 3: Percentages respondents' age in years

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Additionally, learners' age also influences curriculum implementation since when learners are appropriately placed in their respective classes they have basic knowledge and skills for effective learning and are not impaired by age related inadequacies. Some of the factors that have been attributed to late school going age in ASALs are accessibility and proximity of schools therefore learners have to be old enough to bear the distances and poverty leading to absenteeism hence

repeating of classes. The cultural way of life of the communities in ASALs like nomadism has contributed a great deal towards late schooling (Abdullahi, Mlozi & Nzalayaimisi, 2015b). However, it's important to note that most of the over age respondents are male since most of the overage female in ASALs are prone to early marriage and pregnancies hence dropping out of school.

Subject choice and preference - Respondents were asked to indicate who influenced them to take up agriculture subject and 84% chose the subject due to future career aspirations. This contradicts the results of by Kabugi (2013), who found out that parents have a great influence on their learners choice of subject. In this study, the parents influence on choice for agriculture subject was only 2%. This could be attributed to the learners' age making them independent in decision making regarding the career path way to take. The agriculture teachers level of influence on subject choice was 9%, peers was 3% while school policy was 2%.

Availability of learning resources: All respondents indicated availability of agriculture textbooks in their schools as shown in figure 4. Thus schools have invested a great deal in obtaining textbooks for learners. Most of the schools were found to have a school farm as well as farm tools and equipments. This agrees with a study done in Tharaka Nithi County that found out that all schools in the county had access to agriculture text books as well as a school farm (Muchiri & Kiriungi, 2015). Only 32.5% and 3.3% of all the respondents indicated availability of agriculture charts and agriculture videos in their schools respectively. These being ASAL areas where irrigation is paramount for agricultural learning projects to materialize, only 21% of the respondents have irrigation equipment in their schools. However, across the three counties, there was total absence of agriculture workshop, agriculture laboratory as well as agriculture models. An agriculture workshop was a key learning resource and for that reason when agriculture subject was being introduced in the curriculum in the late 1950's the funding agencies and the Government were building workshops in the schools offering agriculture then (Konyango & Asienyo, 2015). Narok high school was one of the beneficiaries of such funds and the only school that benefited from such financial support across the ASAL regions. It is worth to note that the respondents in this school are not even aware of the existence of such a facility within their institution. The workshop in this school has been converted to a store for the broken furniture (see Figure 5). This is a solid reflection of the loss of focus that agriculture curriculum implementation has taken from its practical and vocational ideal to theoretical implementation

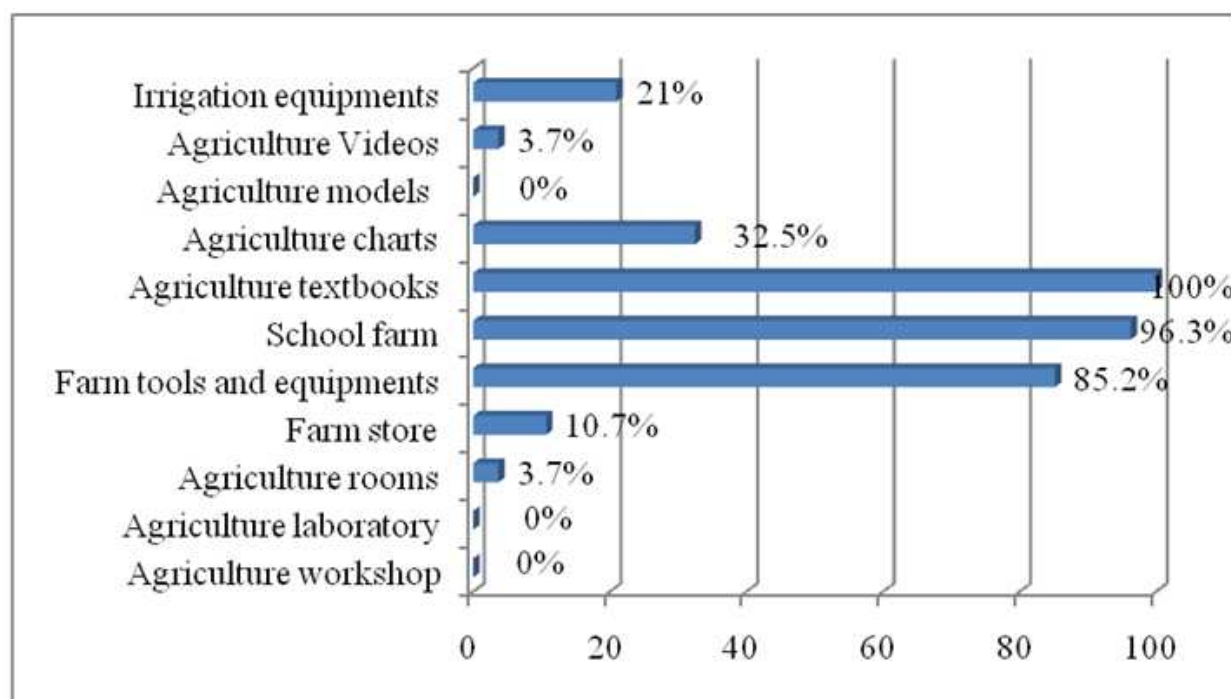


Figure 4: Availability/Absence of learning resources

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016



Figure 5: The status of the workshop in Narok high school

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Adequacy and frequency of use of learning resources by the respondents: Effective curriculum implementation is influenced by adequacy and frequency of use of learning resources. Respondents were therefore asked to rate the adequacy and frequency of use of learning resources available in their schools. Their responses were as discussed below:

Adequacy and frequency of use of agriculture rooms - Only ten respondents from Mogotio Sub County indicated to have a specific room for their agriculture lessons which was moderately adequate and which they made use of during every lesson. Upon probing from the respondents it was clear that agriculture being an optional subject and blocked with other subjects at the same time, learners and their teacher locate for vacant rooms if available during the lesson time. This translates to time loss during every agriculture lesson affecting curriculum implementation. In some schools, the situation is too dire that students take their lessons under trees sited on stones as in the figure 6 below.



Figure 6: Learners taking their lesson under a tree due to inadequacy of class rooms

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

A study done in Thailand by Pakkapong, Junlex and Jaikaew, (2015) established that un conducive learning environment was an obstacle to effective teaching and learning of agriculture and hence hampered smooth implementation of the curriculum.

Adequacy and frequency of use of the farm store: The farm store was only available in two Sub counties. Asked to rate it's adequacy and frequency of use as a learning resource, 19 respondents in Mogotio indicated it's moderately adequate and they used it occasionally. The ten respondents in Marigat rated it to be inadequate and they had never used it as a learning resource. Location of these schools in the ASALs may have contributed to them not seeing the need to construct a farm store and the non use of those already existing could explain the reason as to why learners never make use of them as learning resources.

Adequacy and frequency of use of farm tools and equipments - Respondents from all the five Sub counties have access to farm tools and equipments at different levels of adequacy and frequency of use as shown in Table 1.

Table 1. Adequacy and Frequency of use of Farm Tools and Equipments

Sub-county	Adequacy of farm tools and equipments			Frequency of use of farm tools and equipments		
	Inadequate	Moderate	Adequate	Never	Occasionally	Frequently
Mogotio	28	19	10	47	10	0
Marigat	0	20	0	20	0	0
Kibwezi	78	10	5	84	9	0
Makindu	20	0	0	20	0	0
Narok-North	20	10	10	24	16	0
Total	146	59	25	195	35	0

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Out of the 230 respondents who have access to farm tools and equipments in their schools, 63.5% rated them as inadequate an indication that if they were to use them during out of classroom instruction then they have to share and waste a lot of time waiting to use them. 25.6% rated them as moderately adequate meaning no individual access to these tools at any one time. Only 10.8% indicated that they have individual access to farm tools and equipments whenever required. However, only 15% indicated to make use of these tools occasionally while 85% had never used them at all since form one. This is an indication that implementation of agriculture curriculum is no longer practical as indented but theory. In addition, of the 35 respondents who indicated have used the farm tools occasionally only 6 have used them for project work. This could be an indication that schools are still using agricultural teaching and learning resources to punish in disciplined learners. A study done in Mogotio Sub-county found out that such punishment negatively affects curriculum implementation by influencing learners' attitude towards the subject and the abused resources negatively (Cheplogoi, 2014).

Table 2. Adequacy and Frequency of use of School Farm

Sub-county	Adequacy of school farm			Frequency of use of school farm		
	Inadequate	Moderate	Adequate	Never	Occasionally	Frequently
Mogotio	9	0	48	57	0	0
Marigat	8	0	21	29	0	0
Kibwezi	26	0	88	114	0	0
Makindu	8	10	13	31	0	0
Narok-North	0	0	30	24	6	0
Total	51	10	200	255	06	0

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Respondents were asked to rate the adequacy and frequency of use of their school farms. A whopping 200 respondents out of the 261 who have access to school farms said that it was adequate. This meant that land is not a hindrance to them when it comes to carrying out agricultural projects within the school. However, 255 out of 261 indicated never to have used the school farms for class room instruction purposes for the while they have been in their institutions. Again the practical aspect of agriculture subject is experiencing injustice in our learning institutions. Active involvement of learners in classroom

activities through project work in the school farm promotes co-operative learning and gives them the opportunity to apply their knowledge and skills to solve problems they face in the farm (Komba & Mwandangi, 2015; Waiganjo, *et al.*, 2014). In an effort to clearly establish if project work is given enough attention in agriculture curriculum implementation, learners were asked to indicate how frequently their agriculture teacher involved them in project work either as a group or individually. The results were as shown in Table 3.

Over 97.8% of the respondents had never been involved in any project work within the school farm. This depicts the theoretical focus in the teaching of agriculture in our schools. These results obtained on frequency and use of farm tools as well as school farm are contrary to the expectation if learners are to acquire agricultural skills to make ASAL land agriculturally and economically productive since skills can only be acquired by doing.

Table 3. Learner Involvement in Agriculture Project Work

Frequency of involvement	Frequency	Percent
Never	265	97.8
Rarely	6	2.2
Oftenly	0	0
Very oftenly	0	0
Total	271	100.0

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Learners therefore need the opportunity to carry out agricultural projects as part of the classroom instruction activities. The six respondents who had been involved in project work were requested to state the kind of project they were involved in and the results were as given in Figure 7 and Table 4.

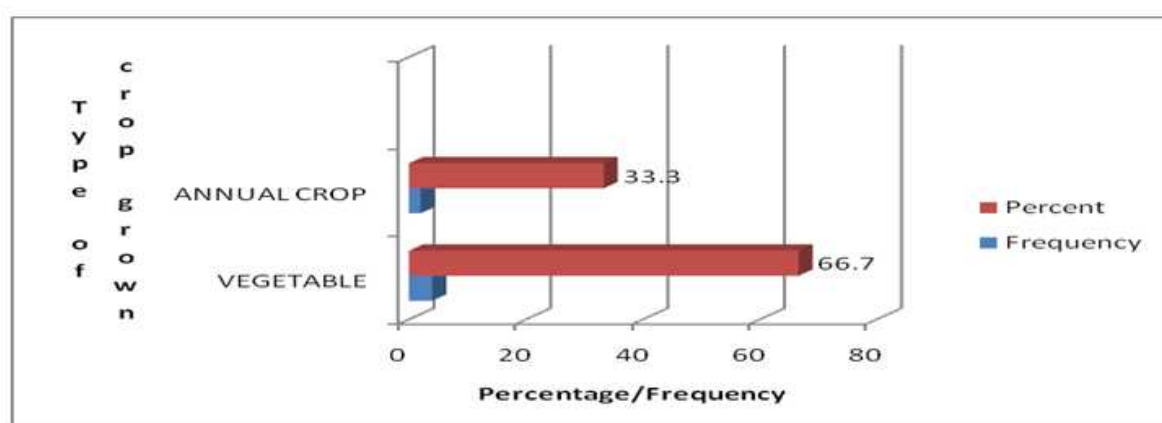


Figure 7: Type of crop grown during project work in school

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Four of these respondents were involved in vegetable growing while the other two were involved in growing of annual crops. The projects sited are of relevance to their ecological conditions and are part of the projects that learners are expected to be exposed to during secondary school agriculture curriculum implementation.

Table 4. Type of Livestock Reared during the Project Work

Type of livestock reared	Frequency	Percent
None	3	50.0
Rabbit rearing	1	16.7
Other mammalian livestock	2	33.3
Total	6	100.0

Source: Survey data, Baringo, Makueni and Narok counties, 2016

Although all the six respondents were involved in crop growing, only three of them were involved in livestock rearing. The livestock reared were relevant as far as the curriculum implementation is concerned as well as the ecological conditions. Projects on livestock rearing seem not to be given emphasis yet livestock rearing is the highest income earner in ASALs. Learners need to get the appropriate skills in rearing and management of livestock if Kenya is to realize better returns from livestock in ASAL regions. Additionally it is important to note that these six respondents had joined the sampled school in Narok-North either in form Two or Three.

Adequacy and frequency of use of agriculture textbooks: Respondents in all the Sub-counties indicated to have access to textbook. However the level of adequacy varied but the books were frequently used at least during every lesson. In this study, books were to be adequate if the stipulation by the ministry of education was adhered to where the ratio of book sharing should be at least one book per two learners. Therefore, where one agriculture textbook was shared by two respondents or each has their own book the status was adequate. If the ratio was 1:3, moderate, whereas more than three respondents sharing a book were categorized as inadequate. Narok North recorded 100% satisfaction with the adequacy of books. However, there is need to improve on book ratio among the 97 respondents where the sharing is beyond the expectation since when learners have no sufficient access to learning materials curriculum implementation is slowed down (Okogu, 2011).

Adequacy and frequency of use of agriculture charts – Out of the 271 respondents only 58 had access to agriculture charts in their schools. However, across all the sub-counties they were rated as inadequate. It is important to note that although available and inadequate, respondents have never used them in the Sub-counties of Marigat and apart of Kibwezi. In Mogotio and Marigat they are occasionally used something that could be attributed to the fact that they are not enough to address at least every topic in the syllabus. All respondents from Makindu-Sub-county indicated unavailability of charts in their schools. This means that agriculture teachers need to go an extra mile and prepare teaching charts if the schools are unable to afford them. Charts break the monotony of class room instruction and teachers cannot afford to continue ignoring the fact that they need to diversify their teaching approaches if agriculture is to remain an interesting subject to learners.

Adequacy and frequency of irrigation equipments - Only 57 respondents had irrigation equipments in their schools. However more than half of them rated them as inadequate, ten rated them as moderately adequate while ten said they were adequate for their use. However, by form three third term, 52 of these respondents had never used these equipments in any way. Only five of the six respondents from Narok-North who had been involved in a project had made use of irrigation equipments. These being ASAL schools where rain is erratic and the weather are harsh, irrigation is paramount. For schools to invest in irrigation equipment is an indication that they have water sources for the same. However, it is worth to note that for these learners to acquire DLA practices they need to be involved in relevant learning projects and be able to make use of such equipments in school. Further probing made it clear that majority of the respondents' use these equipments once in form four and are managing the KCSE project. Curriculum implementation is a continuous process and therefore learners need to acquire knowledge and skills at each learning level.

Adequacy and frequency of use of agriculture videos: Only 3.6% of the respondents from Kibwezi Sub-County recorded availability of agriculture videos in their school. They also indicated to use them frequently as a learning resource. Videos are a learning resource that schools across the five Sub counties have not sufficiently invested in yet it makes learning interesting, breaks monotony and makes abstract concepts easy for learners to comprehend (Latir, Hamzah & Rashid, 2014).

4 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Agriculture curriculum implementation in ASAL secondary schools faces a serious challenge on availability of learning resources with all respondents lacking an agriculture workshop, agriculture laboratory and agriculture videos. This challenge is compounded by the inadequacy of the few that are available and their non-usage. Unavailability, inadequacy and non-use of all the learning resources except the agriculture text books compromise on the quality of agricultural skills and knowledge that these learners acquire at secondary school level.

This study recommends that teachers of agriculture need to be innovative and practical oriented in implementing the agriculture curriculum. There is need to reverse the theoretical teaching focussing on passing of examinations into building agricultural competency among learners by making use of the learning resources in their schools.

The government through the Ministry of Education, school administration, teachers of agriculture, county governments and all other stakeholders need to reconsider the strategies of implementing agriculture curriculum in secondary schools. There also need to review the relevancy of the teaching learning resources to reflect on the agricultural technologies and innovations that the society needs.

ACKNOWLEDGEMENTS

I feel greatly honoured and privileged to express my gratitude and appreciation to my supervisors Dr. Jacob J. J. O. Konyango and Dr. Agnes O. Nkurumwa for their invaluable input and continued guidance at all stages in preparation of this manuscript. To Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD), your financial support to my studies that have yielded this work was timely and fruitful. To you I say thank you.

REFERENCES

- [1] Abdullahi, H. A., Mlozi, M. R. & Nzalayaimisi, G. K. (2015a). Determinants of students' academic achievement in agricultural sciences: A case study of secondary schools in Katsina State, Nigeria. *African Educational Research Journal*, 3 (1), 80-88.
- [2] Abdullahi, H. A., Mlozi, M. R. & Nzalayaimisi, G. K. (2015b). Students' Perceptions of Family Roles Influencing their Academic Achievement in Agricultural Sciences: Implications for Career Agriculture in Nigeria. *An International Multidisciplinary Journal, Ethiopia*, 9 (1), 169-182.
- [3] Akyina, K. O., Oduro, G. & Ansah-hughes, W. (2015) Causes of Low Female Choice of Agriculture Science Programme in Senior High Schools in Ghana : A Study of Afigya Kwabre District. *Journal of Educational Policy and Entrepreneurial Research*, 2 (7), 1-9.
- [4] Best, J. W. & Khan, J.V. (1993). *Research in education*, New York: Prentice Hall.
- [5] Cheplogoi, S., (2014). Challenges faced by Teachers in Implementing Agriculture Curriculum. The case of Teachers in Secondary Schools in Baringo County. *International Journal of Advanced Research*, 2, (5), 1060-1062.
- [6] Creswell, J. (2008). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. New Jersey: Pearson: Merrill Prentice Hall
- [7] Eze, T. I., Ezenwaform J. I. & Obi, M. N., (2015). Effects of Age and Gender on Academic Achievement of Vocational and Technical Education (VTE) Students of a Nigerian University. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies* 6(1): 96-101
- [8] Gay, L. R (1992). *Educational Research: Competence for Analysis and Applications*. (4th Ed) New York: Macmillan
- [9] Kabugi, S. W., (2013). Challenges to teaching and learning of agriculture in secondary schools in Kakuyuni Division, Kangundo District, Machakos County, Kenya. A thesis submitted for the degree of Masters in Education (Curriculum Studies) Kenyatta University.
- [10] Kanyi, M. G., Vandenbosch, T., Ngesa F, U. & Kibett, J. K. (2011). Perceptions of Secondary School Students towards Natural Resources Management: Case Study of Participants in FoF and Non-Participants. *International Journal of Agricultural Management & Development*, 1 (2): 81-88.
- [11] Komba, S. C. & Mwandanji, M., (2015). Reflections on the Implementation of Competence Based Curriculum in Tanzanian Secondary Schools. *Journal of Education and Learning*, 4, (2): 73-80.
- [12] Konyango, J. J. O. & Asienyo, B. O., (2015). Secondary School Agriculture: Participatory Approaches to the Implementation of Secondary School Agriculture Curriculum in Kenya between 1959 and 2012. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 2 (1):1-11.
- [13] Kothari, C.R. & Garg, G. (2014). *Research Methodology, Methods and Techniques*. Third Edition. New age international publishers limited, Daryaganj, New Delhi.
- [14] Kyule, N. M., Konyango, J. J. O. & Nkurumwa O. A., (2015b). Promoting Evergreen Agriculture among Secondary Schools in Arid and Semi-Arid Lands of Kenya. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 2 (3), 1-8.
- [15] Kyule, N. M., Nkurumwa O. A & Konyango, J. J. O., (2015a). Performance and Constraints of Indigenous Chicken Rearing among Small Scale Farmers in Mau-Narok Ward, Njoro Sub County, Nakuru County, Kenya. *International Journal of Advanced Research*, 3 (3), 283-289
- [16] Latir, S. A., Hamzah, R. & Rashid, A. M., (2014). School Support, Motivation and Use of Contextual Teaching among Secondary School Agriculture Teachers. *Middle-East Journal of Scientific Research* 19 (Innovation Challenges in Multidisciplinary Research & Practice): 172-180. ISSN 1990-9233, DOI: 10.5829.
- [17] Makori, A. & Onderi, H., (2013). An evaluation of secondary school principals' perception of learning resources in free secondary education era in Kenya. *African Educational Research Journal*, 1, (3): 171-182.
- [18] Ministry of Planning and National Development, (2007a). *Vision 2030: A Globally Competitive and Prosperous Kenya*. Government Printer. Nairobi.
- [19] Ministry of State for Development of Northern Kenya and other Arid Lands, (2011). *Vision 2030 Development Strategy for Northern Kenya and other dry areas*. Retrieved on 16-04-2014 from www.disasterriskreduction.net

- [20] Muchiri, J. M. & Kiriungi, L. N., (2015). Institutional Factors Influencing Effective Teaching of Agriculture Subject in Public Secondary Schools in Tharaka Nithi County, Kenya. *International Journal of Education and Research*, 3(1):495-504.
- [21] Muchiri, J. M., Barchok, H. K. & Kathuri, N. J., (2015). Effect of computer assisted teaching strategy on student's motivation to learn agriculture in secondary schools in Kenya. *Merit Research Journal of Education and Review*, 3(8), 269-274.
- [22] Mwenzwa, E. M. (2011). Dryland farming and food security in Kenya: challenges and research priorities. *Journal of Social Sciences*, 4 (1): 5832-5836
- [23] Mwiria, K. (2002). Vocationalization of secondary education: Kenya case study. Kimkam Development Consultants (Africa) Ltd. Retrieved on 4/11/2013 from [http://www.ijhssnet.com/journals/3_No \(9\) 13](http://www.ijhssnet.com/journals/3_No (9) 13).
- [24] Nyang'au, J. K., Kibett, J.K. & Ngesa, F. U. (2011). Comparison of Perceptions of Secondary School Principals, Teachers and Learners towards Factors Influencing Implementation of Agriculture Projects in Kisii District of Kenya. *African Journal of Basic & Applied Science* 3 (2): 57-62.
- [25] Okogu, J. (2011). Factors Affecting the Effective Implementation of Social Studies Curriculum in Delta State Teachers' Training Colleges. *Journal of Research in Education and Society*, 2 (3): 48-53
- [26] Owoeye, J. S. & Yara, P. O. (2012). School Facilities and Academic Achievement of Secondary School Agricultural Science in Ekiti State, Nigeria. *Asian Social Science*. doi:10.5539/ass.v7n7p64.
- [27] Pakkapong, P. P., Junlex, P. P. & Jaikaew N. P., (2015). The Problems and Obstructions on Teaching and Learning of Agricultural Subject of Agricultural Teachers in Secondary School in Northeast Region of Thailand. *Journal of Agricultural Technology*, 11(2): 459-471.
- [28] Saina, E. K., Kathuri, N. J., Rono, P. K., Kipsat, M. J. & Sulo, T. (2012). Food Security in Kenya: The Impact of Building Rural Farmers' Capacity through Agricultural Education in Secondary School. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 3 (3): 338-345
- [29] Waiganjo, M. M., Wambugu, P. W., Ngesa, F. & Cheplogoi, S., (2014). Effects of Co-operative Learning Approach on Secondary School Students' Academic Achievement in Agriculture in Nakuru Sub-County, Kenya. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*. 1, (7), 191-197.

Instabilité Financière et Nécessité de la Régulation

[Financial instability and Necessity of regulation]

Mohamed KHARISS and Tarik DKHISSI

Centre d'Etudes Doctorales : Droit & Economie,
Equipe de Recherche en Finance, Politique Economique et Compétitivité de l'Entreprise,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales - Souissi,
Université Mohammed V - Rabat, Morocco

Copyright © 2016 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: Despite the fact that there is no consensual definition to the concept of financial stability, it turns out that all economists agree on the characterization of the financial instability. Thus, this latter is assumed to be linked to the phenomena of financial crises and systemic risk. These determine not only the disadvantages related to the social welfare of a situation where a climate of distrust and uncertainty is at its peak, but also the aspects and characteristics of a vulnerable and unbalanced system. This article will focus, first, on the definition of the concept of instability with a view to identifying the sources of vulnerability of a banking system. Thereafter, we will examine the elements that must be taken into account in defining the financial stability, on the basis of which will be based the types of measures to be undertaken by the authorities to ensure this financial stability. Finally, we will discuss the importance of regulation and supervision to the stability of the financial sector through both micro and macro dimensions of the banking regulation.

KEYWORDS: Crisis, financial stability, macroprudential policy, microprudential policy, financial system, financial instability.

RESUME: Bien qu'il n'existe pas de définition consensuelle relative à la notion de stabilité financière, il s'avère que tous les économistes s'accordent sur la caractérisation de l'instabilité financière. Ainsi, cette dernière est assumée liée aux phénomènes des crises financières et au risque systémique. Ces derniers déterminent non seulement les désavantages relatifs au bien-être social d'une situation où culmine un climat de méfiance et d'incertitude, mais également, les aspects et les caractéristiques d'un système vulnérable et non équilibré. Cet article mettra l'accent, en premier lieu, sur la définition de la notion d'instabilité, et ce en vue de détecter les sources de vulnérabilité d'un système bancaire. Par la suite, on examinera les éléments qui doivent être pris en considération pour définir la stabilité financière, sur la base de laquelle seront basés les types de mesures qui doivent être entreprises par les autorités pour assurer stabilité financière. Enfin, nous aborderont l'importance de l'activité de régulation et de surveillance pour la stabilité du secteur financier, à travers les dimensions aussi bien micro que macro de la régulation bancaire.

MOTS-CLEFS: Crise, instabilité financière, système financier, politique macroprudentielle, politique microprudentielle, stabilité financière.

1 INTRODUCTION

La crise financière de 2007 a profondément impacté le système financier mondial. Causée par l'éclatement de la bulle immobilière aux Etats-Unis d'Amérique, la crise s'est graduellement propagée à tout le système financier mondial. Cette

dernière perturbation a engendré la faillite de plusieurs institutions financières et faisant suite à une série de crises ayant secoué le secteur bancaire par le passé.

Le siècle dernier fut le témoin de nombreuses crises, notamment entre les deux guerres, puis l'effondrement du système de Bretton Woods, la crise de la dette des années quatre-vingts, la crise financière des pays émergents et les crises bancaires en Europe en Amérique.

Suite à l'intensification du processus de globalisation financière, les systèmes financiers ont connu des changements profonds, à la suite de l'apparition de nouveaux produits financiers et à l'essor des nouvelles technologies, entraînant ainsi une augmentation de la fréquence des crises financières. De plus, l'afflux des capitaux dans le monde, et sous des formes de plus en plus contournées, a participé à la création d'une situation d'instabilité favorisant par la suite l'apparition de crises sur des intervalles très courts. Toutefois, la sphère financière s'est caractérisée par des tensions et des mouvements déstabilisateurs, et ce par l'émergence de plusieurs risques.

Toutefois, une économie caractérisée par des conditions monétaires et financières stables peut également faire face aux effets pouvant être engendrés par une crise financière. L'impact de la dernière crise financière a ainsi poussé les gouvernements et les économistes à approfondir davantage la réflexion en la matière et à déterminer les instruments adéquats pour prévenir l'apparition de nouvelles crises.

La dépression des années trente a été la pire que le capitalisme n'ait jamais connue. Elle a causé l'effondrement de la production industrielle des deux premières économies du monde (les États-Unis et l'Allemagne), la fermeture des usines et par conséquent plusieurs milliers de personnes se sont retrouvées au chômage. Cette crise est restée le point focal des économistes dominants, car marquée par deux grands économistes qui se sont confrontés, et se sont distingués par leurs idées visant à sauver le capitalisme de la désastreuse dépression des années trente. Il s'agit de Friedrich Hayek et de John Maynard Keynes.

Malgré la récurrence des crises, il n'existe que quelques études ayant porté sur l'analyse des anciennes économies et ce, en vue de dégager les leçons pour les années à venir. Pourtant, un historien économique du nom de Karl Polanyi¹ a effectué une comparaison entre Sumer et Babylone et l'économie mondiale. L'historien met en garde contre le danger qui peut émaner d'une société qui devient emprisonnée par l'essor de son économie. En faisant du « marché autorégulateur » le centre de son analyse, Polanyi n'a pas pu prévoir la renaissance de l'économie de marché après la guerre, dans un cadre social-démocrate. Mais sa pensée retrouve aujourd'hui une singulière actualité, à l'heure où l'expérience néolibérale, qui réunit tant de caractéristiques du capitalisme marchand du 19^{ème} siècle, se trouve manifestement confrontée à ses propres contradictions.

A travers le temps, il apparaît que le capitalisme demeure le système économique le plus influent malgré la survenance de plusieurs crises financières engendrée par le système lui-même mais, aussi à l'insuffisance des régulations adéquates, suite à l'évolution de l'économie mondiale.

Les phases de crise propres au capitalisme alimentent l'intensification des conflits et l'incertitude des agents économiques à l'origine de coûts économiques et sociaux importants. Selon Marx, la récurrence des crises et des conflits provoquerait tôt ou tard l'effondrement du système capitaliste et, par la suite, de nouvelles opportunités au développement capitaliste se créeront. Cependant, Marx semble ne pas arriver à une certitude quant à la nature des crises dues au capitalisme. Pour d'autres économistes, les crises constituent un fait naturel dû aux déséquilibres des marchés.

L'intérêt des chercheurs et des économistes a porté sur l'identification des instruments adéquats pour détecter et prévenir les crises financières. Plusieurs approches ont été adoptées dans le passé, mais restent dépassées en raison de l'évolution du mode économique et des systèmes de production.

Il est à signaler que lors de la période marquée par l'hégémonie de la « Théorie Classique », l'économie mondiale a été impactée par l'apparition de plusieurs crises. Selon les économistes classiques, le niveau de l'emploi est déterminé par l'équilibre de l'offre et de la demande sur le marché du travail. Alors que Keynes affirme qu'il découle de la demande effective et que rien ne garantit que cette demande soit suffisante pour assurer le plein-emploi.

¹Karl Polanyi (1886-1964) est un historien de l'économie et économiste hongrois, appartenant aux courants institutionnalistes et hétérodoxes. Dans son ouvrage publié en 1944, « La Grande Transformation », il expliquait les difficultés rencontrées par le capitalisme entre les deux guerres et qui résultaient en particulier de la tendance à instaurer un marché autorégulateur depuis le 19^{ème} siècle.

Actuellement, la stabilité financière est devenue l'objectif ultime des gouvernements et des autorités de supervision. Ce nouveau rôle attribué aux Banques Centrales reste aussi important que la stabilité des prix. Ainsi, l'enjeu reste majeur étant donné le contexte international qui est marqué par l'interconnexion et l'interdépendance entre les différents marchés mondiaux, l'apparition de nouvelles techniques et de nouveaux instruments financiers et la création de groupes financiers et non financiers. Tous ces facteurs risquent de peser lourdement sur la stabilité du système dans sa globalité.

Dans cet article, nous allons nous pencher sur la définition de la notion d'instabilité, et ce en vue de détecter les sources de vulnérabilité d'un système bancaire. Dans ce cadre, une revue détaillée des différentes hypothèses avancées par les différents courants de la théorie économique, visant à expliquer les comportements responsables de l'instabilité et les distorsions qui peuvent avoir lieu entre l'offre et la demande au sein d'un marché financier, est effectuée. Par la suite, on examinera les éléments qui doivent être pris en considération pour définir la stabilité financière, sur la base de laquelle seront basés les types de mesures qui doivent être entreprises par les autorités pour assurer stabilité financière. Enfin, nous aborderont l'importance de l'activité de régulation et de surveillance pour la stabilité du secteur financier, à travers les dimensions aussi bien micro que macro de la régulation bancaire.

2 INSTABILITÉ FINANCIÈRE ET ABSENCE DE DÉFINITION DE LA STABILITÉ

Bien qu'il n'existe pas de définition consensuelle relative à la notion de stabilité financière, il s'avère que tous les économistes s'accordent sur la caractérisation de l'instabilité financière. Ainsi, cette dernière est assumée liée aux phénomènes des crises financières et au risque systémique. Ces derniers déterminent non seulement les désavantages relatifs au bien-être social d'une situation où culmine un climat de méfiance et d'incertitude, mais également, les aspects et les caractéristiques d'un système vulnérable et non équilibré.

Pour les partisans de l'école de la régulation, il est primordial de disposer d'un système bancaire stable et solide en vue d'instaurer la confiance entre les différents acteurs de marchés. Aussi, les agents sont certains de la capacité des banques à honorer leurs engagements sans aucune interruption, et que leurs anticipations pèseraient de manière positive sur le processus de l'activité économique. Cependant, si la confiance constitue un bien public et que tous les agents participent à la consommation, les gouvernements ont intérêt à ce que le système bancaire puisse assurer et/ou instaurer un climat de confiance, et ce à un degré approprié à tous les acteurs.

De nos jours, il n'existe pas de définition unifiée de la stabilité financière bien que ce concept ne date pas d'hier. Suite aux différentes crises financières qui ont frappé l'économie mondiale, elle est devenue l'une des principales préoccupations des autorités de supervision. Durant cette décennie, le champ d'analyse de la stabilité financière a connu un élargissement et l'intégration de plusieurs dimensions nouvelles et ce, suite à l'augmentation du degré d'interdépendance entre les marchés et les institutions financières, à l'émergence de nouvelles techniques et instruments financiers, à l'apparition de nouveaux conglomerats financiers et à l'accroissement accru des flux de capitaux dans le monde.

La stabilité du système financier peut être expliquée par une situation où le système est capable de résister face aux différents chocs internes ou externes pouvant l'impacter. Toutefois, aucune définition précise et détaillée ne fait l'objet d'un consensus élargi.

Nous essaierons lors de cette section, de discerner les facteurs qui peuvent être pris en compte dans la détermination d'une définition standard à la stabilité financière et d'identifier, par la suite, les mesures adéquates pouvant permettre aux autorités de régulation d'asseoir dans le temps une situation de stabilité financière.

3 LA STABILITÉ FINANCIÈRE

3.1 LA RELATION ENTRE LES DIFFÉRENTS SECTEURS ET LA NOTION DE STABILITÉ

En réalité, le mot stabilité peut traduire une situation non seulement dans le domaine économique et financier, mais également un fait dans d'autres domaines scientifiques. A cet effet, certains auteurs ont procédé à une analyse comparative entre deux domaines, la finance et la physique, et ce afin de montrer que la notion de stabilité du système peut avoir des

explications multiples et variées, selon les domaines². Dans le domaine de la physique, la stabilité est définie comme étant une caractéristique du système et non comme une situation éternelle.

En cas de chocs ou de faits imprévus, le système peut devenir instable jusqu'à ce qu'il atteigne un certain degré. Ensuite, des forces agissent pour freiner et atténuer les chocs en vue de ramener le système vers un état d'équilibre. Il existe d'autres exemples où le système ne suit pas la tendance (apparition de chocs faibles), mais en cas de chocs sévères le système peut devenir instable (en situation de déséquilibre).

En politique, Lemco³ considère qu'il n'y a pas de définition unique à la stabilité politique. Selon lui, la stabilité politique à long terme est une situation où les protestations collectives violentes restent limitées. A court terme, elle dépend de la préservation des fonctions des gouvernants.

En économie, la stabilité renvoie à une situation où l'économie d'un pays est capable d'attirer les investissements étrangers, de participer à la réalisation d'une croissance économique et de pouvoir améliorer et d'élever le niveau de vie de ses habitants, malgré les contraintes d'inflation et de chômage, de volatilité des prix des actifs et du taux de change. Cette définition tient compte de la stabilité à caractère monétaire et de la stabilité d'ordre financier. Ces éléments constituent une condition nécessaire pour arriver à une situation stable économiquement.

S'agissant de la stabilité monétaire, celle-ci est liée à la stabilité des prix et se définit comme étant une situation où les phénomènes telles que l'inflation et la déflation restent maîtrisables. Pour Foot⁴, la stabilité monétaire est la stabilité de la valeur de la monnaie.

Enfin, il est à signaler que la stabilité financière systémique est liée à la stabilité de l'ensemble du système. En 2005⁵, la Banque Nationale d'Autriche a avancé une définition où elle décrit la stabilité financière comme étant un instrument préliminaire pour assurer une croissance efficace de l'économie autrichienne. Pour qu'un système financier puisse être stable, il doit être en mesure d'amortir les chocs.

3.2 LES ÉLÉMENTS POUVANT ÊTRE PRIS EN COMPTE POUR DÉLIMITER LA NOTION DE STABILITÉ FINANCIÈRE

Le fait qu'un pays dispose d'un système financier en situation de stabilité financière ne signifie pas pour autant qu'il soit en équilibre ; ce dernier illustre un état à un moment donné, tandis que la stabilité financière est un concept dynamique et continu⁶.

Toute économie passe par des phases d'équilibre et de déséquilibre. Néanmoins, une situation de déséquilibre n'est sine qua non à une instabilité financière que lorsque le déséquilibre persiste dans le temps, entraînant par la suite l'émergence d'une crise financière. Une mauvaise gestion des déséquilibres peut mettre le système financier en position d'instabilité. A ce titre, la stabilité financière s'impose comme élément nécessaire mais pas suffisant pour asseoir un équilibre financier.

Cependant, et en vue de cerner des situations de stabilité, d'instabilité et de crise, il est préférable de procéder à des évaluations empiriques mais, également, à une appréciation du degré d'efficacité des mesures prises par les pouvoirs publics en charge de la régulation financière en vue de maintenir le système financier en situation d'équilibre. En phase de stabilité financière, les décisions qui doivent être mises en place pour rééquilibrer la situation, et supprimer les effets négatifs des chocs, sont considérées comme des mesures préventives.

En cas d'instabilité ou de turbulence, le système financier subit des chocs à grand effet, entraînant ainsi la déstabilisation du système. A ce stade, les régulateurs financiers sont dans l'obligation de prendre des mesures correctives afin de redresser la situation et de passer à un équilibre. Toutefois, il se peut qu'un pays puisse passer d'une situation de stabilité à une situation de déséquilibre quand les mesures préventives et correctives n'ont pas donné les résultats escomptés. De plus, un choc exogène fatal peut conduire directement à une catastrophe économique et financière (crise financière).

² W. ALLEN et G. WOOD : « *Defining and Achieving Financial Stability* », dans *Journal of Financial Stability*, Vol. 2, Issue 2, pp.152-172, 2006

³ J. LEMCO : « *Political Stability in Federal Governments* », Edition Praeger Publishers, New York, 1991.

⁴ M. FOOT : « *What is financial stability and how do we get it* », *Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture*, Avril 2003.

⁵ Banque Nationale d'Autriche (2005) : « *Financial Stability* », *Rapport 2005*.

http://www.oenb.at/en/finanzm_stab/finanzmarktstabilitaet/finanzmarktstabilitaet.jsp#tcm:16-1060

⁶ G. J SCHINASI : « *Defining Financial Stability* », *Working Paper n°4, Fonds Monétaire International*, 2004.

En revanche, il existe un amalgame entre la notion d'instabilité financière et la notion de fragilité et/ou de vulnérabilité. Le degré de solidité d'un système financier est évalué selon le niveau des indicateurs mesurant sa fragilité et sa vulnérabilité vis-à-vis des chocs (externes et internes). Durant une période d'instabilité, ces indicateurs sont élevés et par conséquent le système financier risque de subir une crise.

La stabilité financière peut être définie par une approche basée sur l'analyse des éléments qui l'expliquent, à savoir la nature des biens publics et des actions transparentes et l'importance du secteur bancaire, mais aussi la nature des autres composantes du système financier en plus du degré de libéralisation de l'économie via le volume des flux de capitaux et la modification de la nature des risques financiers.

Pour certains chercheurs⁷, la stabilité financière est un objectif de politique publique qui détermine le bien-être public. Par conséquent, les décisions des pouvoirs publics doivent être claires et transparentes. Dans ce cas, le rôle des organismes étatiques est d'effectuer des opérations sur le marché (emprunt) afin de minimiser les risques et de pouvoir mettre en œuvre une politique monétaire adéquate visant à assurer (sur le long terme) la stabilité monétaire.

La stabilité financière est liée également à la stabilité individuelle des organismes financiers ainsi qu'aux liens financiers qui les régissent à travers les opérations effectuées. Néanmoins, si une ou plusieurs banques sont en difficulté cela ne signifie pas que le système financier est instable. Dans le cas contraire, le système financier d'un pays risque d'être instable sans que les acteurs financiers (même individuellement) ne soient en situation de déséquilibre financier. Selon Schinasi⁸, la stabilité d'un système financier dépend de la situation financière des établissements qui le composent. En revanche, un système financier dont les mécanismes fonctionnent correctement, ne risque pas d'être affecté ou menacé par la dégradation de la situation financière d'un seul établissement financier. De ce fait, l'apparition d'un choc ne peut être considérée comme étant une source d'instabilité pour le système financier.

Certains auteurs⁹ considèrent que la stabilité financière dépend particulièrement de la position financière des établissements financiers. Alors que d'autres¹⁰ avancent l'hypothèse selon laquelle l'instabilité d'un établissement ne peut être qu'une cause parmi d'autres qui peuvent impacter la stabilité financière du système dans sa globalité.

De nos jours, les banques jouent à l'évidence un rôle central dans le développement des marchés financiers et notamment des systèmes financiers. Ainsi, leur fragilité risque d'affaiblir le système financier et de le déstabiliser. En cas de crise, les banques se prêtent entre elles pour échapper à une crise. Cela peut réduire et diminuer les perturbations au niveau des marchés.

Pour qu'un système financier puisse être stable et efficace, il est nécessaire que toutes ses composantes soient au même niveau d'adéquation. En plus du secteur bancaire, il y a également le secteur des assurances qui participe au maintien de la stabilité du système financier. D'après Trainar¹¹, la complexité des conglomerats financiers a permis au secteur des assurances de devenir un secteur non négligeable et par conséquent, de jouer un rôle fondamental dans la stabilité du système financier. L'interconnexion entre le secteur bancaire et le secteur des assurances peut favoriser le développement et la propagation rapide d'une crise vers l'ensemble d'une économie. Par conséquent, la réglementation et régulation du secteur des assurances restent incontestables et ce, afin de lui permettre d'atténuer l'impact des chocs futurs.

En raison de l'intensification du processus de libéralisation, les régulateurs sont appelés à maintenir, en état d'équilibre, les composantes de leur système financier. Il faut ajouter que le niveau élevé du degré de compétitivité encourage le développement de l'industrie des services financiers (Apparition de nouveaux produits financiers) et l'amplification du risque¹². La tendance actuelle oblige à prendre en considération l'ensemble de ces facteurs afin d'avancer une définition détaillée de la stabilité financière¹³.

⁷ S. CERNA, L. DONATH, V. SEULEAN, M. HERBEI, D. BARGLAZAN, C. ALBULESCU et B. BOLDEA : « La stabilité financière », Edition de l'Université de l'Ouest, Timisoara 2008.

⁸ G. J SCHINASI : « Preserving Financial Stability », IMF Economic Issues, N°36, 2005.

⁹ M. FOOT : « What is financial stability and how do we get it », Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture, Avril 2003.

¹⁰ W. ALLEN et G. WOOD : « Defining and Achieving Financial Stability », Journal of Financial Stability, Vol. 2, Issue 2, 2006.

¹¹ P. TRAINAR : « Assurance et stabilité financière », Revue de la stabilité financière, Banque de France, N° 5 de 2004.

¹² Z. TUMA : « Financial Globalisation and Financial Stability », 5^{ème} Conférence annuelle de la BRI, 2006.

¹³ C. A. E GOODHART : « Some New Directions for Financial Stability? », BRI 2004.

<http://www.perjacobsson.org/lectures/062704.pdf>

Dans son rapport annuel de 2005, la Banque Nationale d'Autriche¹⁴ explique que la définition de la stabilité financière passe avant tout par une identification et une analyse des risques auxquels peut faire face le système financier. Ce rapport met l'accent également sur la nécessité de disposer de toutes les informations concernant les banques et les établissements afin de pouvoir déterminer les types de risques. Ainsi, il est possible de définir la stabilité financière via les caractéristiques suivantes¹⁵ :

- L'indisponibilité des moyens de paiement ;
- L'adéquation entre l'épargne et l'investissement ;
- La responsabilité partagée entre les différents acteurs des marchés (Banques, assurances et autres institutions financières) ;
- Le maintien des prix des actifs en situation d'équilibre.

En 2004, une étude¹⁶ a été menée pour déterminer une nouvelle approche visant à définir la stabilité financière. Cette dernière, selon l'auteur, peut être expliquée à travers les étapes suivantes :

- Etape n°1 : La notion de stabilité financière reste large. Elle comprend plusieurs éléments constituant le système financier dans sa globalité.
- Etape n°2 : La notion de stabilité financière prend notamment en considération le système de paiement.
- Etape n°3 : Le concept de la stabilité financière dépend de la capacité d'un système financier à faire face aux chocs et déséquilibres qui peuvent survenir. Le système financier, dans ce cas, est jugé sur sa capacité à s'autoréguler.
- Etape n°4 : L'analyse doit porter également, en cas de crise, sur les répercussions de cette dernière sur l'économie réelle. On parle ici de l'analyse des canaux de transmission du secteur financier au secteur réel.
- Etape n°5 : L'étude de la stabilité peut être intéressante quand elle constitue un fait qui dure dans le temps.

En se référant à ce qui précède, la notion de la stabilité financière reste très complexe et difficile à cerner en raison de la multiplicité des intervenants et des aspects à prendre en compte.

3.3 LES CONDITIONS NÉCESSAIRES À L'INSTAURATION DE LA STABILITÉ FINANCIÈRE

Selon la littérature abondante à ce sujet, il existe plusieurs définitions de la stabilité financière. Chaque définition se base sur une approche différente par rapport à l'autre. Certaines expliquent la notion de stabilité financière à travers les caractéristiques qui la spécifient, tandis que d'autres la définissent via une situation d'instabilité financière impactant le développement et la croissance économique d'un pays.

Cette pluralité de définitions est due, d'une part à l'absence de frontière entre les deux notions, et d'autre part à l'incapacité de la théorie économique contemporaine et des Institutions Financières Internationales à fournir les éléments adéquats permettant de distinguer entre la stabilité et l'instabilité financières.

De même pour la stabilité monétaire, aucune définition universelle n'est encore adoptée par l'ensemble des spécialistes et chercheurs dans ce domaine. Néanmoins, sa définition a connu durant les trois dernières décennies, une évolution caractérisée par l'intégration de plusieurs notions ayant une interconnexion avec la stabilité monétaire (stabilité de la valeur de la monnaie, stabilité des prix et/ou de l'inflation)¹⁷.

Selon Foot¹⁸, la stabilité financière est liée à la stabilité de certains éléments propres à la stabilité macroéconomique. D'après l'auteur, la stabilité financière en dépend de la stabilité monétaire, du niveau (faible) du taux de chômage et de l'assurance (climat de confiance) qui existe au niveau des marchés et dans les établissements bancaires malgré l'apparition

¹⁴ Banque Centrale d'Autriche : Rapport annuel de 2005 sur la « Stabilité financière ».

http://www.oenb.at/en/finanzm_stab/finanzmarktstabilitaet/finanzmarktstabilitaet.jsp#tcm:16-1060

¹⁵ W. ALLEN et G. WOOD : « Defining and Achieving Financial Stability », *Journal of Financial Stability*, Vol. 2, Issue 2, 2006.

¹⁶ G. J SCHINASI : « Defining Financial Stability », FMI, Working Paper N° 04, 2004.

¹⁷ D. S BIERI : « The Basel Process and Financial Stability », Virginia Polytechnic Institute & State University, 2004.

http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=616723

¹⁸ M. FOOT : « What is financial stability and how do we get it », *Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture*, Avril 2003.

de fluctuations des prix des actifs réels et/ou financiers qui peuvent causer une volatilité du taux d'inflation ou du taux de chômage.

Dans son rapport sur la stabilité financière, la Banque Centrale de Norvège explique que « la stabilité financière implique un système financier qui est capable de résister aux chocs, de canaliser les fonds, d'effectuer des paiements et de répartir efficacement le risque »¹⁹. Ce rapport indique que la réalisation d'une stabilité financière est tributaire de la stabilité du secteur bancaire et des systèmes de paiements. Toutefois, la stabilité de l'économie internationale constitue une composante principale pour qu'un pays puisse avoir un système financier stable.

D'autres institutions fournissent une définition où elles mettent en avant le lien entre la stabilité financière et la notion de stabilité. C'est le cas de la Banque Centrale de Suède²⁰ et de la Banque Centrale d'Autriche²¹. Pour la Banque Centrale de Suède, la stabilité financière peut être atteinte par la maîtrise des risques liés aux banques. Quant à la Banque Centrale d'Autriche, la stabilité n'est réelle que lorsque les mécanismes de marché fonctionnent de manière efficace même en cas d'apparition de chocs.

La stabilité financière se manifeste également par une situation où le secteur financier ne connaît pas de disfonctionnements en raison de sa solidité et sa capacité à faire face à des perturbations futures.

Pour Crockett²², la stabilité financière ne peut être définie que par l'étude de l'instabilité. Il souligne qu'une phase d'instabilité financière est caractérisée par une baisse des indicateurs économiques suite à une variation des prix des actifs ou par l'impuissance des établissements bancaires à respecter leurs obligations contractuelles. Selon cette définition, l'instabilité financière comporte quatre aspects :

- L'importance des répercussions économiques (en termes de coût) ;
- L'ampleur de la catastrophe financière ;
- Le partage de la responsabilité entre les banques et d'autres institutions financières ; et
- La distinction entre les banques et les autres établissements bancaires.

Il ressort de ce qui précède que l'instabilité peut être causée par des dysfonctionnements qui peuvent impacter soit, les institutions bancaires soit, les différents compartiments des marchés.

Mishkin²³ explique dans son article publié en 1997 que l'instabilité financière est causée par l'interférence entre les chocs impactant le système financier et le flux d'information. Ces facteurs affectent le bon fonctionnement du système et rendent difficile la canalisation des capitaux destinés à l'épargne vers les investisseurs. Cette situation est également appelée fragilité financière ou vulnérabilité financière. De manière générale, un système financier solide est celui qui assure une situation d'équilibre à l'ensemble d'une économie et ce, suite à l'apparition de plusieurs chocs pouvant impacter tout le système.

3.4 LES MOYENS PERMETTANT D'ASSURER LA PÉRENNITÉ DE LA STABILITÉ FINANCIÈRE

La dernière crise a démontré l'importance de la stabilité financière pour le système financier et l'économie dans son ensemble. Elle constitue une composante intrinsèque au développement de l'économie notamment après l'accroissement des établissements bancaire et financier effectuant des opérations et des transactions dans différents pays du monde. Afin de la préserver, plusieurs mesures peuvent être adoptées. Ces mesures ont pour objectif d'assurer et de maintenir la stabilité macroéconomique favorisant le bon fonctionnement des mécanismes du système financier.

Certes, on constate des améliorations au niveau des indicateurs microéconomique et macroéconomique, mais on remarque aussi une certaine dichotomie entre l'économie et le système financier. Il est à noter également que la stabilité

¹⁹ Banque Centrale de Norvège : « Rapport annuel sur la stabilité financière », N° 5-2013.

http://www.norges-bank.no/pages/98610/financial_stability_rep_2013.pdf

²⁰ Banque Centrale de Suède : « Some Lessons Learned from Earlier Financial Crises », Rapport sur la politique monétaire, N°3, 2007.

²¹ Banque Centrale d'Autriche : « Rapport sur la stabilité financière », N°26, 2013.

<http://www.oenb.at/en/Publications/Financial-Market/Financial-Stability-Report/2013/Financial-Stability-Report-26.html>

²² A. CROCKETT : « Marrying the micro- and macro-prudential dimensions of financial stability », Discours lors de la 11^{ème} Conférence internationale des contrôleurs bancaires qui s'est tenue à Bâle les 20 et 21 Septembre 2000. M. CROCKETT était le Directeur Général de la BRI et Président du Forum pour la Stabilité Financière. <http://www.bis.org/speeches/sp000921.htm>

²³ F. S MISHKIN : « The Causes and Propagation of Financial Instability: Lessons for Policymakers », FED of Kansas.

financière mondiale n'est toujours pas assurée malgré la reprise économique mondiale et que la stabilité reste menacée par la défiance persistante des investisseurs à l'égard de certains pays avancés et de leurs systèmes bancaires²⁴.

A cet effet, il existe deux types de mesures visant à instaurer la stabilité financière. Les mesures préventives, suite à leur application, elles visent à rétablir les déséquilibres de tout système financier en vue d'éviter l'apparition d'une situation d'instabilité financière. Et les mesures correctives, elles sont mises en œuvre lorsque les mesures préventives n'arrivent pas à corriger les déséquilibres et que le système financier est caractérisé par une instabilité.

4 LA DIMENSION SYSTÉMIQUE DU RISQUE

4.1 LA NOTION DE RISQUE SYSTÉMIQUE

Les travaux économiques antérieurs ont avancé plusieurs définitions du risque systémique. C'est un risque de dégradation brutale de la stabilité financière, provoqué par une rupture dans le fonctionnement des services financiers et répercuté sur l'économie réelle²⁵. Selon Anna Schwartz²⁶, le qualificatif « systémique » est abusivement utilisé, car il faut faire une distinction entre « le véritable risque systémique » et « le pseudo risque systémique ». Le premier correspond au cas où une panique bancaire ou un krach boursier font craindre aux déposants de ne pas pouvoir se procurer de liquidités. Cela peut arriver uniquement dans l'une ou l'autre des éventualités suivantes : absence d'institution pouvant créer de la liquidité; autorités peu familiarisées avec les pratiques permettant de faire face à ce type de situations ; doutes du public quant à l'efficacité des mécanismes prévus pour le faire.

La Banque des Règlements Internationaux²⁷ (BRI) a proposé une définition du risque systémique et qui est généralement avancée : on parle de choc systémique lorsque « un événement est à l'origine de pertes économiques importantes ou d'une perte de confiance, ce qui suscite des inquiétudes sur la situation d'une partie importante du système financier, suffisamment sérieuses pour avoir des effets négatifs sur l'économie réelle ». A ce titre, deux conditions sont à vérifier afin que le risque dispose du caractère systémique : (i) les effets de contagion viennent perturber le fonctionnement du secteur réel et (ii) la probabilité d'apparition soit forte. Toutefois, l'analyse du risque systémique porte à la fois sur les événements systémiques (apparition d'un risque microéconomique « idiosyncrasique » ou macroéconomique « systématique », sur leur propagation à une partie du secteur financier et sur leur transmission au secteur réel de l'économie.

Certains auteurs²⁸ prétendent que la propagation du choc dans le système constitue un élément central du risque systémique et par conséquent l'intervention des pouvoirs publics reste incontestablement inévitable pour atténuer les effets de l'instabilité financière sur le secteur réel. Pour d'autres, l'économie mondiale est aujourd'hui marquée par l'opacité et l'incertitude et que l'activité économique est régulée par les marchés financiers. De ce fait, ils jugent que le risque systémique produit un effet sur le secteur financier.

Ainsi, la notion de risque systémique n'est pas un concept nouveau. Elle englobe des problématiques anciennes comme celle de l'existence d'un prêteur en dernier ressort. En revanche, l'analyse du risque systémique lié aux comportements des institutions financières relevait principalement jusqu'ici de la sphère académique, sans réelles déclinaisons en matière de régulation financière. L'ampleur des conséquences de la crise des Subprimes sur la sphère financière et l'économie réelle a replacé le risque systémique au cœur des travaux internationaux de régulation financière. Lors de la réunion de Pittsburgh, le G20 s'est engagé à définir, avant la fin de l'année 2011, les mesures spécifiques de prévention et de résolution de crise pour les institutions financières systémiques.

²⁴ J. VINALS : « Pas de temps à perdre : comment assurer la stabilité financière en 2011 », Article publié sur le Blog du FMI - IMFdirect - en 2011. L'auteur occupe le poste de Directeur du Département des Marchés de capitaux internationaux au Fonds.

²⁵ LEPETIT Jean-François : « Rapport sur le risque systémique », La Documentation Française, Avril 2010.

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000185/0000.pdf>

²⁶ Anna S. Schwartz (1986), « Real and Pseudo-Financial Crises », in F. Capie and G. E. Wood (eds) *Financial Crises and The World Banking System*, London:MacMillan Press, pp. 11-31

²⁷ Group of Ten : « Report on consolidation in the financial sector », BRI, Janvier 2001.

²⁸ A. SCHWARZ, M. D. BORDO et B. MIZRACH : « Real versus pseudo-international systemic risk : some lessons from history », NBER Working Paper 5371, 1995.

Cependant, les travaux empiriques dans ce domaine font distinction entre deux types de risques systémiques :

- Premier type : Lorsqu'une banque est exposée à un choc et que ce dernier se propage à l'ensemble des acteurs du système financier, on parle alors de « contagion ». Celle-ci peut être définie comme l'apparition de perturbations dans un ou plusieurs marchés, dans un ou plusieurs pays, ou bien pour une ou plusieurs institutions, ainsi que la propagation de ce choc aux autres marchés, pays ou institutions²⁹ ;
- Deuxième type : Quand les chocs macroéconomiques engendrent la faillite de plusieurs banques. Mais tout choc n'est pas le seul facteur déclencheur d'une crise systémique. Celle-ci suppose que le choc soit propagé à l'ensemble du secteur financier, puis à l'économie réelle. Une telle propagation n'intervient que dans le cas où le système financier s'est progressivement fragilisé par l'accumulation de risques pouvant l'affecter globalement³⁰.

Toutefois, quelque soit les types de risque systémique encouru, leurs conséquence et répercussion sont presque identiques. Elles se caractérisent par une dégradation des montants alloués au crédit, une chute des dépôts, une dévaluation des prix des actifs financiers et par conséquent l'instauration d'un climat d'incertitude.

4.2 DISPOSITIF DE PRÉVENTION CONTRE LE RISQUE SYSTÉMIQUE

Selon les travaux antérieurs, la gestion du risque systémique s'appuie sur l'idée que le meilleur moyen de préserver l'économie contre le risque systémique est de maintenir la solidité de la banque individuelle à travers l'adoption de mesures de limitation de la concurrence et à la mise en place d'un dispositif « microprudentiel ». Depuis la crise financière de 2007, les spécialistes ont constaté des déficiences et des failles d'une supervision et régulation uniquement centrée sur les institutions financières. A l'heure actuelle, la finance globalisée est appelée à adopter une réflexion et une approche systémiques. La stabilité financière du système repose sur la définition des moyens de régulation macroprudentielle. Et au-delà de la question cruciale de la mesure du risque systémique, il est nécessaire de définir une politique de supervision et de réglementation basée sur cette mesure de la connectivité systémique et de l'importance systémique des institutions financières. La crise des Subprimes a mis au-devant de la scène l'importance et la pertinence des travaux de recherche sur la mesure du risque systémique ainsi que sur leurs implications en termes de régulation « macroprudentielle ».

S'agissant du dispositif « microprudentiel », ce dernier consiste à mettre en place des mesures de sécurité ayant pour objectif de limiter les chocs et les perturbations pouvant causer l'apparition d'une crise systémique, accompagnées par l'instauration d'un dispositif de réglementation et de surveillance au niveau de chaque banque individuelle, destiné à garantir sa résistance contre tous chocs systémiques.

Quant aux mesures « macroprudentielles », elles sont destinées à assurer une surveillance et un maintien de la stabilité financière du système financier. Leur rôle est de compléter le dispositif « microprudentiel » de gestion du risque systémique. Cette nouvelle approche macroéconomique de gestion du risque systémique constitue actuellement l'une des principales missions des Banques centrales et des autorités de régulation comme en témoigne la publication régulière des revues qu'elles lui consacrent afin d'assurer la transparence de leur action dans ce domaine³¹.

4.3 LES DIFFÉRENTS CANAUX DE CONTAGION

De nos jours, la fragilité du système financier est la combinaison entre plusieurs caractéristiques³² :

- Comme première source de fragilité du système, on peut noter la structure des banques. Traditionnellement, les banques procèdent à l'octroi de crédit à long terme et ce sur la base des épargnes effectuées par les ménages et les entreprises. Ainsi, la banque ne se réserve qu'une petite somme d'argent pour faire face aux retraits quotidiens. Mais en cas de choc imprévu, la banque devra faire face à un manque de liquidité notamment au niveau du marché, voire même un défaut de paiement

²⁹ M. PRITSKER : « The channels for financial contagion », in S. CLAESSENS et K. FORBES, *International financial contagion*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2000.

³⁰ Jean-François LEPETIT : « Rapport sur le risque systémique », Avril 2000. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000185/0000.pdf>.

³¹ Christian BORDES : « Banque et risque systémique », *Droit, Economie et Justice dans le secteur bancaire*, Université Paris 1, 2007. http://www.courdecassation.fr/IMG/File/risque_systemique_bordes.pdf

³² O. DE BANDT et P. HARTMANN : « Systemic risk : a survey », ECB Working Paper N°35, 2000.

malgré sa position créditrice au niveau de son passif (Crédits accordés à long terme). Et au cas où la banque est dans l'incapacité de se procurer de l'argent (Y compris les crédits prêtés), une crise pourrait avoir lieu dans ce cas, on parlera de « Bank run ». Le maintien d'une situation financière équilibrée est tributaire non seulement de sa capacité à investir dans des projets rentables mais, également, de la confiance qu'ont les dépositaires envers elle. A ce titre, Allen et Gale³³ ont expliqué qu'une banque peut être vulnérable à la contagion lorsqu'elle effectue des transactions unilatérales, c'est-à-dire, qu'elle détient une structure de marché avec seulement une chaîne d'exposition unilatérale.

Le deuxième élément qui justifie la fragilité du système financier est l'interconnexion qui existe aujourd'hui entre les différentes institutions financières par le biais des systèmes de paiements des transactions et le degré de leurs expositions directes.

Le développement des nouvelles technologies d'information et de communication a permis la diffusion d'un grand nombre d'informations et de données au moment même où les transactions sont effectuées. Dans ce cas, on parle alors du troisième élément pouvant fragiliser le système financier. Au niveau des banques, la prise de décisions se fait sur la base des estimations statistiques relatives aux prix futurs d'un actif ou bien des cash flows qui seront dus plus tard. En cas d'émergence d'un climat d'incertitude, la tendance peut être revue à la baisse, engendrant un refus pour tous investissements à court et moyen termes.

- S'agissant de la deuxième explication émise pour expliquer le phénomène de contagion rapide entre les institutions financières, il y a la globalisation des marchés financiers. A ce titre, elles deviennent transfrontalières et qu'elles sont tenues de gérer leurs transactions dans un espace mondialisé et compétitif³⁴. Cela a permis de créer de nouvelles opportunités d'investissements dans tous les pays du monde et ce, malgré le niveau élevé du risque ainsi que les problèmes liés à sa maîtrise.

Il est également à signaler que, la globalisation des marchés financiers a créé une interdépendance entre l'ensemble des acteurs financiers, ce qui augmente le risque de contagion entre eux et par conséquent, l'apparition de crise.

- Quant à la troisième source de contagion, on parle alors, du mouvement ou phénomène de « Bank run » qui se produit au niveau des banques. A la moindre panique, les investisseurs se précipitent à la banque pour procéder aux retraits de leurs dépôts. Ainsi, les déposants peuvent entraîner l'insolvabilité de la banque et d'être exposée à des pertes très coûteuses³⁵. Face à cette situation, les banques sont appelées, d'une part à vendre sans trop tarder certains actifs parfois même à des prix très inférieurs à leurs acquisitions, et d'autre part à emprunter les fonds nécessaires et ce, aux prix du marché (taux d'intérêt élevés).

Iyer et Peydro³⁶ ont démontré dans leur étude, que la crise financière mondiale a une fois de plus mis en évidence le fait que les marchés interbancaires peuvent être considérés comme étant une épée à double tranchant. D'une part, ils jouent un rôle très important pour financer les banques en cas de besoin de liquidité. D'autre part, le marché interbancaire peut transmettre le choc (contagion interbancaire) notamment suite à la faillite d'une banque. Le souci majeur dans les tests de contagion financière -en raison de liens interbancaires- est le manque de données détaillées sur les liens interbancaires pendant la période de crise. De plus, il est presque impossible d'obtenir des informations sur les expositions interbancaires des banques. En conséquence, au moment de la faillite d'une banque, il est très difficile de cartographier la transmission du choc en raison des liens interbancaires. Les conclusions des auteurs indiquent qu'il peut y avoir peu de faillites de grandes banques et ayant un impact sur l'ensemble du système financier ainsi que sur l'économie toute entière. Ceci s'explique par le rôle des gouvernements mais également des régulateurs qui n'hésitent pas à secourir de larges établissements financiers afin d'éviter la contagion à l'ensemble de l'économie. De ce fait, au plus une banque est exposée à une banque en faillite sur le marché interbancaire, c'est-à-dire au plus une banque a prêté de l'argent sur le marché interbancaire, au plus les agents économiques iront retirer leur dépôt en raison du climat d'incertitude et du risque de propagation du risque de contagion. L'étude explique, également, que les institutions bancaires qui sont les moins exposées à une banque en faillite, constatent une augmentation notable du nombre de leurs déposants.

³³ F. ALLEN et D. GALE : « Financial Contagion », *Journal of Political Economy*, 108(N°1), pp. 1-33, 2000.

³⁴ E. RACICKAS et A. VASILIAUSKAITE : « Channels of financial risk contagion in the global financial markets », *ECONOMICS AND MANAGEMENT*, N°16, pp.1174-1184, 2011.

³⁵ G. KAUFMAN : « Bank Contagion : Theory and Evidence », *Federal Reserve Bank of Chicago*, N° 92-13, 1992.

³⁶ R. IYER et J-L PEYDRO : « Interbank Contagion at Work : Evidence from a natural experiment », *ECB Working Paper* N°1147, 2010.

• Enfin, la quatrième source de contagion est le rôle des fondamentaux dans le processus de contagion. Iyer et Peydro ont conçu une démarche en vue de quantifier l'impact des fondamentaux sur la variation de la contagion. Ils précisent que cette dernière est plus importante lorsque les banques ont des fondamentaux plus faibles (Niveau de capital très faible ou selon les annotations émises par les agences de notations et/ou par les régulateurs). A ce titre, la contagion est faible lorsque les banques disposent de fondamentaux solides. En vue de réduire le risque de contagion³⁷, certains auteurs ont avancé plusieurs conditions :

- ✓ Condition n°1 : le secteur bancaire doit être plus solide et moins dépendant des crédits étrangers.
- ✓ Condition n°2 : procéder à la revue et au renforcement des normes de supervision et de régulation.
- ✓ Condition n°3 : l'adoption de politiques saines et rigoureuses peut contribuer en partie à l'amélioration de la qualité des informations et des données (Transparence).

Forbes et Rigobon³⁸ font distinction entre les canaux qui ne dépendent pas de la crise (Théorie de contagion non contingente) et les canaux dont l'apparition et l'activité sont conditionnées par la crise (Théorie de contagion contingente).

Aussi, ils définissent quatre canaux de la contagion indépendants de la crise. Le premier canal est le canal commercial qui a été cité par Gerlach et Smets en 1995. La contagion à travers ce type de canal est réelle lorsqu'un pays perd de sa compétitivité et ce suite à un fait ayant eu lieu dans un autre pays. Lorsqu'un pays procède à la dévaluation de sa monnaie en vue de relancer ses exportations et d'améliorer sa position compétitive par rapport à un autre pays. Pour ce dernier, la baisse de sa compétitivité est perçue comme une faiblesse économique et par conséquent, les agents économiques vont procéder au retrait de leurs capitaux. Cette situation pourrait amener les autorités du pays à opter pour une dévaluation de sa monnaie afin de remédier à cette situation et d'augmenter le risque d'apparition d'une crise de change. Autre exemple concernant la contagion par le canal commercial est le risque de contrepartie³⁹ dans la mesure où un défaut d'une entreprise peut déclencher un bouleversement financier pour ses créanciers mais également pour les autres entreprises ayant des liens commerciaux directs avec la firme ayant des difficultés financières. Cela est en mesure d'entraîner une situation de « cascade de défauts ». De plus, il est également à signaler que l'apparition d'une crise dans un pays a pour effet immédiat la baisse des revenus des ménages et par conséquent, une réduction du montant global des importations ainsi que le volume des exportations du pays ayant avec lui des liens commerciaux directs. De ce fait, la balance des paiements et les fondamentaux de l'économie sont impactés par la fragilité des liens commerciaux entre pays.

Le deuxième canal de la contagion est la coordination politique. Si deux pays ont signé auparavant des accords, cela obligerait l'un des deux Etats à adopter une politique identique pour faire face à l'émergence d'un choc économique.

Le troisième canal est en lien avec les investisseurs, lorsque ces derniers procèdent à la réévaluation de leur anticipation suite à l'apparition d'une crise dans un autre pays. Si un pays dispose d'un système bancaire faible et court le risque de faire face à une crise monétaire, dans ce cas, les investisseurs chercheront à réévaluer le système bancaire présent dans d'autres pays.

Quant au quatrième canal qui est la présence d'un choc aléatoire commun pouvant impacter simultanément les fondamentaux de plusieurs économies. En cas d'augmentation des taux d'intérêt internationaux, une baisse de la demande globale ou bien un accroissement rapide du prix des matières premières, tous ces chocs peuvent impacter négativement la croissance dans plusieurs pays à la fois.

Enfin, il existe un autre canal de transmission et nécessite que les différents pays disposent de liens forts entre eux notamment à travers l'acquisition de titres financiers. Dans ce cas, on parle du canal financier⁴⁰. L'émergence d'une crise dans un pays risque d'avoir un impact financier sur d'autres pays. En raison de la crise, les pays diminuent leur volume de

³⁷ A. DUQUERROY, N. GAUTHIER et M. GEX : « Credit Default Swaps and Financial Stability: Risks and Regulatory Issues », Banque de France, *Financial stability*, 75–88, septembre 2009.

³⁸ K. FORBES et R. RIGOBON : « Measuring Contagion : Conceptual and empirical issues », in S. CLAESSENS et K. FORBES, *International financial contagion*, Boston, Kluwer Academic Publishers, pp. 43-66, 2001.

³⁹ B. CHAKRABARTY et G. ZHANG : « Financial contagion channels : Market microstructure evidence from Lehman Brothers' Bankruptcy », *Working Paper*, 2010.

⁴⁰ S. BRANA et D. LAHET : « La propagation des crises financières dans les pays émergents : la contagion est-elle discriminante ? », *La Documentation française : Economie Internationale*, pp. 73-96, 2005.

crédits au pays en difficulté, et on remarque également une rétractation des investissements. De ce fait, une dégradation des fondamentaux macroéconomiques dudit pays peut impacter négativement les pays ayant avec lui des liens financiers.

Toutefois, il est à noter que les mécanismes de transmission d'un choc sont identiques aussi bien durant la période de crise qu'en situation d'équilibre. Et par conséquent, les cinq canaux de contagion cités auparavant ne sont pas conditionnés en l'occurrence d'une crise. On les appelle généralement les « liens réels » étant donné que la plupart d'entre eux sont fondés sur des fondamentaux économiques. En revanche, l'hypothèse d'émergence de crise n'est pas liée forcément à l'existence de contagion. Selon Forbes et Rigobon, au cas où une crise est transmise par l'un desdits canaux, ils considèrent que la contagion n'est pas au sens strict mais plutôt de l'interdépendance économique entre les pays. Ils parlent ici de contagion au sens « large ».

Par ailleurs, il existe aussi d'autres canaux de contagion dont l'existence et l'activité sont influencées par la crise. Ce type de canaux émerge uniquement au courant d'une phase de crise et disparaît en phase d'équilibre. Ces canaux facilitent l'identification et la définition de la contagion au sens « étroit ».

5 LES DIMENSIONS MICRO ET MACRO DE LA RÉGULATION BANCAIRE

De nos jours, les autorités en charge de la régulation financière doivent faire face à plusieurs problèmes et ce suite à la dernière crise financière. L'environnement bancaire et financier est caractérisé par une baisse du niveau des fonds propres, le non maîtrise des risques, absence de transparence au niveau des marchés financiers, manque de données fiables et transparentes, absence de contrôle rigoureux des établissements financiers. Plusieurs débats ont eu lieu afin d'échanger et de discuter des solutions et approches à suivre afin d'éviter une nouvelle crise.

Lors de cette section, nous analyserons l'évolution de la régulation du secteur bancaire afin de mieux comprendre les différents changements qui ont eu lieu et de présenter les solutions possibles à mettre en œuvre pour maîtriser la propagation du risque systémique d'un système bancaire à un autre. Et par la suite, nous citerons quelques recommandations et suggestions pouvant renforcer la solidité et la stabilité des systèmes financiers.

5.1 L'IMPORTANCE DE LA RÉGULATION ET DE LA SURVEILLANCE DANS LE MAINTIEN DE LA STABILITÉ

Dans le contexte actuel, le secteur financier évolue de manière permanente en raison de l'importance croissante des marchés financiers et de leur volatilité, des innovations financières et de l'amplification du processus d'intégration de plusieurs systèmes financiers nationaux. Cette situation a incité les autorités monétaires et de supervision à porter un intérêt très particulier à la surveillance et à la régulation prudentielle, en vue d'assurer une meilleure gestion des risques des marchés et d'instaurer un climat de confiance. Ainsi, le débat a porté sur les dispositions qui doivent être prises pour assurer une surveillance prudentielle aussi efficace.

Selon la littérature⁴¹, il existe deux types de régulation. La première dite « régulation directe », elle est adoptée par les Etats-Unis d'Amérique pour séparer entre les banques commerciales et les banques d'investissement. La deuxième dite « régulation indirecte », elle vise à assurer les résultats souhaités. Cette régulation est la plus répandue et ses instruments de contrôle doivent être utilisés sans provoquer de distorsions pour la concurrence. De ce fait, une surveillance rigoureuse et une régulation adéquate ainsi qu'un management des risques permettront aux Banques Centrales de disposer des informations nécessaires pour mieux gérer les vulnérabilités financières.

De manière générale, les établissements bancaires font l'objet également de surveillance macroéconomique afin de permettre aux autorités de régulation d'assurer la stabilité de la valeur interne et externe de la monnaie domestique. Tandis que la surveillance microéconomique ou microprudentielle tend à limiter les risques liés aux banques et aux autres établissements financiers.

Les crises financières survenues durant les années quatre-vingt-dix ont poussé davantage les Banques Centrales à renforcer leurs deux régimes de surveillance par l'adoption de l'approche macroprudentielle. Elle leur permettra d'évaluer à la fois l'état de santé de leur système financier et la stabilité macroéconomique. Cette approche, dite « régulation macroprudentielle », vise à analyser le système financier dans sa globalité et à évaluer ses interactions avec la sphère réelle.

⁴¹ A. BOOT : « Regulation and Banks Incentive to Control Risk », *Economic Review de la Banque Nationale de Suède*, n° 2, 2001.

Table 1. La perspective macroprudentielle et microprudentielle de la surveillance

	Perspective macroprudentielle	Perspective microprudentielle
Objectif à court terme	La réduction de graves déséquilibres du système financier	La limitation des déséquilibres des institutions individuelles liées aux produits dérivés
Objectif final	Eviter les coûts de la réduction du PIB	La protection des consommateurs (investisseurs / déposants)
Modèles de risque	Partiellement endogènes	Exogènes
Corrélation et exposition commune des institutions	Importante	Pas relevant
Le dosage du contrôle prudentiel	En termes de graves turbulences du système (top-down)	En termes de risques des institutions individuelles (bottom-up)

Source : C. BORIO : « Toward a macroprudential framework for financial supervision and regulation? », BRI, 2003, WP n°128.

Selon le tableau ci-dessus, l'intérêt de l'approche microprudentielle et de l'approche macroprudentielle de la stabilité financière est identifié en termes d'objectifs des tâches et de conception des mécanismes, agissant sur les résultats économiques⁴². La dimension macroprudentielle a pour objectif de maîtriser les coûts économiques des déséquilibres financiers, ainsi que ceux qui constituent un impact sur l'aléa moral induit par les politiques mises en œuvre. Il peut être associé à l'évaluation du risque systémique. Alors que la dimension microprudentielle a pour but d'évaluer, de façon individuelle, la probabilité de faillite des banques commerciales. Autrement dit, les politiques macroprudentielles s'intéressent à la performance globale du portefeuille alors que la politique microprudentielle attribue plus d'intérêt aux pondérations égales et séparées à chaque titre du portefeuille.

La particularité de la dimension macroprudentielle réside dans le suivi et le contrôle des risques corrélés de faillite et à certaines caractéristiques propres à un établissement, telle que la taille qui déterminent son degré d'importance pour l'économie. Les causes qui renforcent l'intérêt à cette approche sont multiples : Le développement et la dynamique des marchés financiers, la croissance de la volatilité des prix des actifs, les flux internationaux de capital et les nouveaux instruments financiers. Il faut noter également que depuis 2006, le FMI⁴³ a publié certains articles où il soulève la problématique du vieillissement de la population et son impact sur les marchés financiers et plus particulièrement sur la stabilité financière.

Les nouvelles orientations relatives à la stabilité financière visent à renforcer le processus de régulation et de surveillance macroprudentielle. Ainsi, l'approche macroprudentielle des processus économiques reste indispensable pour mieux comprendre les causes de l'instabilité financière étant donné les coûts financiers engendrés par les crises financières (Pertes de production et coûts sociaux).

Durant les deux dernières décennies⁴⁴, l'accélération du processus de la globalisation financière et l'apparition de plusieurs produits financiers constituent la titrisation représentent des défis considérables dans quatre zones étendues de la surveillance macroprudentielle -à savoir- la transparence, la dynamique des marchés, l'aléa moral et le risque systémique. Ce dernier constitue la principale source d'instabilité en raison des activités inscrites hors bilan et dont les informations restent inaccessibles pour les autorités de supervision et les investisseurs.

A cet effet, l'amélioration du cadre macroprudentiel exige l'adoption d'une approche globale et systémique allant au-delà du principe de protection des déposants. En revanche, l'analyse des risques engendrés par les établissements bancaires doit

⁴² A. CROCKETT : « Central Banking, Financial Stability and Basel II », discours lors de la 38^{ème} Conférence des Gouverneurs des Banques Centrale du Sud Est Asiatique (SEACEN), Manila 2003.

www.bsp.gov.ph

⁴³ T. TODD GROOME, N. BLANCHER et P. RAMLOGAN : « Vieillesse et marchés financiers », Revue Finances & Développement, FMI, Septembre 2006.

⁴⁴ G. J SCHINASI : « Preserving Financial Stability », IMF Economic Issues », n°36, 2005.

être orientée vers une approche caractérisée par une coopération nationale et internationale en matière de régulation en vue d'identifier les institutions à caractère systémique. Certains spécialistes⁴⁵ suggèrent une refonte des standards internationaux en matière de solvabilité afin de permettre aux autorités de supervision de classer les établissements bancaires selon leur degré de fragilité.

Dans le cadre de l'activité de régulation et de surveillance prudentielle, il existe plusieurs indicateurs faisant l'objet de suivi et d'analyse de la part des autorités de régulation et de supervision (Fonds propres, liquidité, RNB, créances en souffrance...). D'ailleurs, les Accords de Bâle II et III s'intéressent principalement au capital réglementaire et à la dimension macroprudentielle de la surveillance.

5.2 LA RÉGULATION RELATIVE AU SECTEUR BANCAIRE

Créé en 1974 par les Gouverneurs des Banques centrales du G10, le Comité de Bâle sur la Supervision Bancaire n'avait aucune légitimité ou de pouvoir réel pour imposer aux pays les décisions pouvant impacter positivement le secteur bancaire. Sa mission se limite à présenter des standards et les lignes directrices ainsi que les recommandations nécessaires au renforcement de la stabilité des systèmes bancaires.

L'une des premières préoccupations du Comité était de redéfinir le seuil minimum du capital que les banques devaient avoir. Le Comité s'est intéressé à cette question en raison de la dégradation des ratios relatifs aux capitaux propres des banques durant les années quatre-vingt⁴⁶.

Ainsi, le premier Accord de Bâle I a vu le jour en 1988, après que les Gouverneurs des Banques Centrales du G10 l'ont approuvé. Par la suite, toutes les banques étaient appelées -impérativement- à s'aligner sur cette nouvelle norme afin que leur ratio de fonds propres soit supérieure ou égal à 8% et ce, au plus tard avant le 31 décembre 1992. Il est appelé « Ratio Cooke ».

Ce ratio est calculé en fonction de l'ensemble des crédits accordés par les banques. Ce nouvel accord ne se limitait pas juste aux pays membres du G10, mais également aux pays qui ont permis aux banques internationales de s'implanter et d'investir sur leur territoire. Il avait pour objectif, d'une part, de renforcer la solidité et la stabilité du système bancaire international, et d'autre part s'assurer à l'ensemble des banques un environnement concurrentiel. Avec l'accélération du processus de la mondialisation et de la globalisation financière, le système financier et bancaire a connu l'apparition de nouveaux produits financiers et la transformation de l'activité des banques. Ces changements ont dévoilé l'inefficacité de l'Accord de Bâle face à ces derniers⁴⁷.

Les risques engendrés par le lancement de nouveaux produits dérivés tels que le risque de crédit n'était pas pris en compte par ledit Accord sachant qu'il figurait au niveau des activités hors bilan non reprises dans le calcul des fonds propres. Cela poussait les banques à effectuer ces opérations hors bilan. De plus, le ratio de fonds propres ne prenait pas en considération les risques auxquels les banques étaient confrontées, à savoir, le risque de crédit, le risque opérationnel et le risque de liquidité. Il est également à signaler que chaque pays définissait à sa manière les fonds propres, ce qui a créé durant les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix un amalgame et une diversification des interprétations concernant ce concept⁴⁸.

A partir de l'année 1999, le Comité de Bâle a jugé opportun de mettre en œuvre une nouvelle réglementation afin de remédier aux différentes carences qu'a connues le premier Accord et d'établir un cadre plus élargi prenant en compte l'ensemble des risques bancaires pouvant impacter tout le système. Ce nouvel Accord est constitué de trois principaux piliers⁴⁹ :

⁴⁵ I. BEGG : « *Catch-up the Transition to Full Participation in EMU and Financial Stability* », *Second Annual DG ECFIN Research Conference: « Financial Stability and the Convergence Process in Europe »*, Octobre 2005.

⁴⁶ Comité de Bâle : « *History of the Basel Committee and its Memberships* », *Rapport de la Banque de Règlements Internationaux (BRI)*, 2009.

⁴⁷ A. VERBOOMEN et L. DE BEL : « *Bâle II et le risque de crédit : les règles actuelles et leur évolution sous Bâle III* », *Larcier*, 2006.

⁴⁸ R. MASERA : « *Reforming financial systems after the crisis : a comparison of EU and USA* », *PSL Quartely Review*, 63 (N°225), pp. 297-360, 2010.

⁴⁹ A. VERBOOMEN et L. DE BEL : « *Bâle II et le risque de crédit : les règles actuelles et leur évolution sous Bâle III* », *Larcier*, 2006.

- Le premier pilier : Les exigences minimales en matière de fonds propres sont calculées en fonction de trois risques importants : le risque de crédit, le risque de marché et le risque opérationnel.
- Le deuxième pilier : Il met l'accent sur les processus de surveillance prudentielle et d'évaluation interne visant à amener les banques à mettre en place des procédures internes efficaces d'évaluation de l'adéquation de leurs fonds propres, tout en prenant en considération les risques réels encourus.
- Le troisième pilier : Il incite les banques à adopter davantage de transparence dans la publication des informations et des données et promouvoir des pratiques bancaires sécurisées.

Et ce n'est qu'en juin 2004 que le Comité de Bâle a procédé à la publication de cette nouvelle réglementation, appelée Accord de Bâle II. Mais, cela n'a pas empêché l'émergence d'une nouvelle crise, pointant encore du doigt le secteur bancaire comme étant la source de problème.

L'Accord de Bâle II, quant à lui, n'a pas pris en considération certains risques auxquels devaient faire face les banques. En revanche, il a surévalué la capacité des institutions bancaires à pouvoir gérer ces risques. D'ailleurs, les critiques concernant l'Accord de Bâle II ont porté sur le choix de son approche (VaR) basée sur l'utilisation d'information et de données économiques très récentes. Les critiques ont également concerné la méthode de calcul des fonds propres qui ne prenait pas en considération les risques impactant les fondamentaux microéconomique et macroéconomique.

Enfin et en réponse à la crise économique et financière, le Conseil de Stabilité Financière (CSF) et le G20 ont contribué à la mise au point de nouvelles mesures de stabilité pour le système bancaire mondial. Ce dispositif dit « Bâle III » obligera les banques à accroître leurs fonds propres pour résister aux crises futures. L'accord de Bâle III, annoncé en novembre 2010, comprend un ensemble de mesures destinées à renforcer la résilience des grandes banques internationales ainsi que des mesures spécifiques sur le risque de liquidité. Toutefois, certaines mesures de cet accord ne sont pas encore claires.

Cet accord s'articule sur trois grands axes⁵⁰ :

- ✓ Le premier axe : Il vise à renforcer le niveau et la qualité des fonds propres des banques (« tier one » et « core tier one ») en vue de faire face à toutes pertes inattendues. Ceci signifie que le « core tier One » ne doit être composé que d'actions et d'actions privilégiées perpétuelles. Alors que sous Bâle II, certains produits hybrides telles que les mi-actions et les mi-obligations faisaient partie des capitaux durs. Le capital doit également être plus élevé. Le niveau des fonds propres dits durs devra atteindre 7% d'ici 2019 alors qu'il était de 4%. En ce qui concerne le ratio des fonds propres totaux, il devra atteindre 10,5% au lieu de 8% et ce avant la fin de l'année 2019. Le Comité de Bâle a suggéré également la mise en place d'un matelas contracyclique à hauteur de 2,5%, ce qui accroîtrait le niveau des fonds propres pour atteindre 13%. De plus, le montant total des expositions au niveau du bilan et hors bilan est fixé à 33 fois le montant des fonds propres durs et ce avant la fin de l'année 2018.
- ✓ Le deuxième axe : a porté sur l'instauration de mesures visant à évaluer la bonne liquidité bancaire grâce à la création de deux ratios de liquidité à court et à moyen terme (Ratio de liquidité à un mois « Liquidity coverage ratio » et ratio de liquidité à un an « Net stable funding ratio »). Le premier ratio de liquidité consiste à ce que les banques puissent avoir assez d'actifs liquides et ce, afin d'être capable de faire face à des sorties de trésorerie durant 30 jours (à partir du 1er janvier 2015). Quant au deuxième ratio, celui-ci permettra aux institutions bancaires de disposer des ressources de financement plus stables.
- ✓ Le troisième axe : vise à évaluer le risque systémique à travers le renforcement des exigences en fonds propres des institutions financières mais, également, pour les institutions dites « Systémiques ».

5.3 L'APPROCHE MACROPRUDENTIELLE

Afin de limiter la propagation du risque systémique et la contagion, il est nécessaire de procéder à l'instauration d'une politique macroprudentielle efficace. Pour cela, le maintien de la stabilité financière constitue un enjeu majeur de la régulation bancaire. De nos jours, les Institutions Financières Internationales en collaboration avec les autorités de

⁵⁰ Comité de Bâle : « Réponse du Comité de Bâle à la crise financière : Rapport au Groupe des Vingt », Rapport de la Banque des Règlements Internationaux, 2010.

supervision bancaires œuvrent à ce que les Banques Centrales puissent définir dans le temps leurs objectifs macroprudentiels de façon plus objective.

Suite à la dernière crise, il y a un consensus entre les différentes parties prenantes à ce que les travaux portant sur la régulation macroprudentielle sont relativement marginaux⁵¹. Lors du sommet de Séoul qui s'est tenu en novembre 2010, les pays membres du G20 ont insisté sur l'importance des études et des travaux de recherche menés par la Banque des Règlements Internationaux (BRI), le Fond Monétaire International (FMI) et le Conseil de Stabilité Financière (CSF). Leurs recommandations ont porté particulièrement sur l'identification des moyens nécessaires au renforcement du macroprudentiel étant donné que les premières études menées en la matière ont été publiées au milieu des années quatre-vingt par la BRI (1986) et par le Comité de Bâle (1987).

La crise des « Subprimes » a démontré l'inefficacité des politiques menées par les autorités prudentielles en vue de détecter et de déterminer l'impact du risque systémique. Depuis le déclenchement de la crise financière, une multitude d'actions et de mesures ont été engagées dans la perspective de maintenir et de renforcer la régulation macroprudentielle au niveau national et international. A ce titre, le Comité de Bâle a publié les nouveaux Accords de Bâle III, ainsi que plusieurs recommandations relatives à la maîtrise du risque systémique. De plus, des propositions ont été avancées au sujet des titres utilisés comme collatéral, le provisionnement, les institutions financières à caractère systémique, ou encore la nouvelle approche relative à la transparence des marchés des produits dérivés⁵².

Malgré les efforts déplorés pour contenir la crise et les progrès réalisés, des mesures complémentaires sont encore à prévoir afin d'éviter les erreurs du passé. Aujourd'hui, les recherches et les études doivent être orientées plus particulièrement sur la régulation macroprudentielle et spécifiquement sur le choix des instruments macroprudentiels adéquats.

Durant les années quatre-vingt, la régulation prudentielle avait pour but d'influencer certaines pratiques bancaires mais qui se sont avérées dangereuses sur le maintien de la stabilité financière. Par conséquent, les aspects systémiques étaient délaissés. Suite aux différents travaux réalisés sur la politique macroprudentielle, la régulation prudentielle a porté principalement sur l'identification du risque systémique.

Toutefois, il n'existe pas encore un accord commun entre les parties prenantes sur les objectifs qui devraient être assignés à la politique macroprudentielle. A cet effet, les objectifs sont multiples en raison des différentes analyses et définitions apportées par les spécialistes à la crise financière. A titre d'exemple, certains auteurs⁵³ ont proposé trois types de modèles explicatifs de la dernière crise financière :

Le premier modèle se réfère au modèle de Diamond et Dybvig (1983) où l'équilibre auto-réalisateur est la conséquence de chocs exogènes.

Le deuxième modèle prend en considération les chocs négatifs à caractère idiosyncrasiques ou systémiques et un mécanisme d'amplification⁵⁴.

Le troisième modèle est fondé sur l'approche endogène de l'instabilité financière, comme souligné auparavant par Minsky⁵⁵, Kindleberger⁵⁶ et cité après par Borio⁵⁷ et Danielsson⁵⁸.

⁵¹ BRI : « Group of Central Bank Governors and Heads of Supervision reinforces Basel Committee reform package », Rapport Janvier 2010 <http://www.bis.org/press/p100111.htm>

⁵² Conseil de Stabilité Financière : « Progress since the Pittsburgh Summit in Implementing the G20 Recommendations for Strengthening Financial Stability », Rapport adressé au G20 et aux Ministres des Finances et Gouverneurs de Banques Centrales, Novembre 2009.

⁵³ C. BORIO et M. DREHMANN : « Towards an operational framework for financial stability: 'fuzzy' measurement and its consequences ». BRI Working Papers, n° 284, Juin 2009.

⁵⁴ F. ALLEN et D. GALE : « Financial fragility, liquidity and asset prices », *Journal of the European Economic Association*, n° 2, pp 1015–84, 2004.

⁵⁵ H. P. MINSKY : « Can "it" happen again? », *Essays on Instability and Finance*, Armonk: M E Sharpe, 1982.

⁵⁶ C. P. KINDLEBERGER : « Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises », 5th edition Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1996.

⁵⁷ C. BORIO : « Towards a macroprudential framework for financial supervision and regulation? », BRI, Working Paper n° 128, Février 2003.

⁵⁸ J. DANIELSSON : « Blame the models », *Journal of Financial Stability*, 2008.

5.4 LES OUTILS PERMETTANT DE RENFORCER LA REGULATION MACROPRUDENTIELLE

Concernant les outils utilisés pour évaluer le niveau de régulation et l'efficacité des politiques macroprudentielles mises en place, il existe de nos jours, une littérature abondante en la matière. L'objectif de ces outils est d'assurer un suivi permanent des grandeurs économiques, permettant de mesurer le degré de stabilité d'un système financier. Leur diversité permet aux autorités de régulation et aux Institutions financières de disposer d'une image globale et générale de l'ensemble du système financier et bancaire, et de déterminer les types de risques encourus.

Pour certains auteurs, il existe plusieurs critères pouvant être pris en compte pour le choix des instruments permettant d'évaluer sous différents angles, la régulation macroprudentielle⁵⁹. Selon le premier critère, il existe des instruments propres à la régulation microprudentielle et des instruments relevant de la politique macroprudentielle⁶⁰. S'agissant du deuxième critère de classification, il repose sur la manière selon laquelle est analysé le risque systémique (Microprudentielle et macroprudentielle). La première analyse le risque systémique du point de vue temporel (Son évolution dans le temps), tandis que la deuxième se préoccupe davantage de la dimension transversale (Sa répartition dans l'ensemble du système financier dans une période définie). Quant au troisième critère de classification, il s'intéresse au degré de calibrage fixé aux instruments macroprudentiels. Cela signifie qu'il faut séparer d'une part entre les instruments mis en place dans un cadre où les autorités de régulation disposent d'une certaine autonomie dans l'application des sanctions, et d'autre part les instruments mis en place dans un cadre où la marge de manœuvre des autorités est limitée⁶¹.

Selon certains rapports internationaux, ils suggèrent de renforcer l'approche macroprudentielle dans les dispositifs de régulation et de supervision (G20 et Larosière en 2009). Pour Milton Friedman, on pourrait dire que « nous sommes tous adeptes aujourd'hui d'une approche macroprudentielle »⁶². En réalité, le terme n'est pas très récent. La BRI a commencé à l'utiliser depuis la fin des années soixante-dix pour définir une orientation systémique ou bien les dispositifs de régulation et de supervision en relation avec la macroéconomie.

Premièrement, l'objectif à court terme de l'approche macroprudentielle est de limiter le risque d'apparition de nouvelles crises financières impactant la totalité du système, et de réduire leurs implications financières sur le plan macroéconomique. Deuxièmement, la finalité de l'approche macroprudentielle est la stabilité du système financier dans son ensemble.

Quant à l'approche microprudentielle, elle a pour objectif de maîtriser le risque de défaillance des différents établissements indépendamment de toute incidence sur l'ensemble du système. De plus, elle se limite à l'évaluation de chaque établissement de manière individuelle.

6 CONCLUSION

La notion de la stabilité financière reste un concept multidimensionnel, qui fait référence tant à la solidité des institutions financière qu'au cadre institutionnel et aux mesures macroprudentielles mises en œuvre par les autorités monétaire et de supervision. De nos jours, il n'existe pas de consensus sur la manière de définir la stabilité financière.

La BCE emploie la définition suivante : « la stabilité financière est une situation dans laquelle le système financier - qui englobe les intermédiaires, les marchés et les infrastructures de marché - est capable de résister aux chocs, en réduisant la probabilité d'une interruption du processus d'intermédiation financière qui serait suffisamment importante pour perturber l'allocation optimale des ressources ». Quant à la BRI, elle propose une définition plus stricte : « l'absence de volatilité excessive, de stress ou de crise ». Dans les deux cas, la définition en elle-même laisse place à une grande part de subjectivité.

Cette pluralité des définitions impacte grandement les politiques mises en œuvre pour assurer la stabilité et la viabilité des systèmes financiers et bancaires nationaux, en ce sens qu'il existe autant de dispositifs qu'il n'y a de définitions. Toutefois, l'interdépendance des marchés de capitaux et l'internationalisation des établissements financiers, qui ont facilité la propagation de la crise financière de 2007, ont mis en évidence la nécessité d'assurer une gestion plus performante des risques opérationnels dans les établissements de crédit, fondée sur des principes de gouvernance unifiés plus rigoureux et

⁵⁹ H. HANNOUN : « Towards a global financial stability framework », Discours lors de la 45th SEACEN Governors' Conference, Siem Reap province, Cambodia, 26-27 February 2010.

⁶⁰ A. CROCKETT : « Marrying the micro- and macroprudential dimensions of financial stability », Discours du 21 Septembre 2000, BRI.

⁶¹ C. BORIO et I. SHIM : « What can (macro-)prudential policy do to support monetary policy? », BRI, Working Paper n° 242, 2007.

⁶² Banque de France : « Quel avenir pour la régulation financière ? », Revue de la stabilité financière n° 13, Septembre 2009.

sur un contrôle externe renforcé. Ces dernières années, la surveillance et la régulation se sont orientées vers un cadre macroprudentiel, notamment du fait des plus grandes interdépendances entre les acteurs financiers.

Concernant l'aspect institutionnel, les arguments en faveur ou contre le maintien de la fonction de régulation et de surveillance du secteur bancaire à l'intérieur des banques centrales s'équilibrent. Néanmoins, dans le cas des économies en développement, plusieurs facteurs font pencher la balance pour l'intégration de la fonction de régulation et de surveillance du secteur bancaire au sein des Banques Centrales. D'ailleurs, plusieurs Banques Centrales ont été réformées et jouissent de garanties solides en ce qui concerne leur indépendance.

REFERENCES

- [1] W. ALLEN et G. WOOD : « Defining and Achieving Financial Stability », *Journal of Financial Stability*, Vol. 2, Issue 2, pp.152-172, 2006.
- [2] J. LEMCO : « Political Stability in Federal Governments », Edition Praeger Publishers, New York, 1991.
- [3] J. LEMCO : « Political Stability in Federal Governments », Edition Praeger Publishers, New York, 1991.
- [4] M. FOOT : « What is financial stability and how do we get it », Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture, Avril 2003.
- [5] Banque Nationale d'Autriche (2005) : « Financial Stability », Rapport 2005.
http://www.oenb.at/en/finanzm_stab/finanzmarktstabilitaet/finanzmarktstabilitaet.jsp#tcm:16-1060
- [6] G. J SCHINASI : « Defining Financial Stability », Working Paper n°4, Fonds Monétaire International, 2004.
- [7] S. CERNA, L. DONATH, V. SEULEAN, M. HERBEI, D. BARGLAZAN, C. ALBULESCU et B. BOLDEA : « La stabilité financière », Edition de l'Université de l'Ouest, Timisoara 2008.
- [8] G. J SCHINASI : « Preserving Financial Stability », IMF Economic Issues, N°36, 2005.
- [9] M. FOOT : « What is financial stability and how do we get it », Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture, Avril 2003.
- [10] W. ALLEN et G. WOOD : « Defining and Achieving Financial Stability », *Journal of Financial Stability*, Vol. 2, Issue 2, 2006.
- [11] P. TRAINAR : « Assurance et stabilité financière », *Revue de la stabilité financière*, Banque de France, N° 5 de 2004.
- [12] Z. TUMA : « Financial Globalisation and Financial Stability », 5ème Conférence annuelle de la BRI, 2006.
- [13] C. A. E GOODHART : « Some New Directions for Financial Stability? », BRI 2004.
<http://www.perjacobsson.org/lectures/062704.pdf>.
- [14] Banque Centrale d'Autriche : Rapport annuel de 2005 sur la « Stabilité financière ».
- [15] W. ALLEN et G. WOOD : « Defining and Achieving Financial Stability », *Journal of Financial Stability*, Vol. 2, Issue 2, 2006.
- [16] G. J SCHINASI : « Defining Financial Stability », FMI, Working Paper N° 04, 2004.
- [17] D. S BIERI : « The Basel Process and Financial Stability », Virginia Polytechnic Institute & State University, 2004.
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=616723.
- [18] M. FOOT : « What is financial stability and how do we get it », Financial Services Authority, The Roy Bridge Memorial Lecture, Avril 2003.
- [19] Banque Centrale de Norvège : « Rapport annuel sur la stabilité financière », N° 5-2013.
- [20] Banque Centrale de Suède : « Some Lessons Learned from Earlier Financial Crises », Rapport sur la politique monétaire, N°3, 2007.
- [21] Banque Centrale d'Autriche : « Rapport sur la stabilité financière », N°26, 2013.
<http://www.oenb.at/en/Publications/Financial-Market/Financial-Stability-Report/2013/Financial-Stability-Report-26.html>
- [22] A. CROCKETT : « Marrying the micro- and macro-prudential dimensions of financial stability », Discours lors de la 11ème Conférence internationale des contrôleurs bancaires qui s'est tenue à Bâle les 20 et 21 Septembre 2000. M. CROCKETT était le Directeur Général de la BRI et Président du Forum pour la Stabilité Financière.
<http://www.bis.org/speeches/sp000921.htm>
- [23] F. S MISHKIN : « The Causes and Propagation of Financial Instability: Lessons for Policymakers », FED of Kansas.
- [24] J. VINALS : « Pas de temps à perdre : comment assurer la stabilité financière en 2011 », Article publié sur le Blog du FMI - IMFdirect - en 2011. L'auteur occupe le poste de Directeur du Département des Marchés de capitaux internationaux au Fonds.
- [25] LEPETIT Jean-François : « Rapport sur le risque systémique », La Documentation Française, Avril 2010.
<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000185/0000.pdf>
- [26] Anna S. Schwartz : « Real and Pseudo-Financial Crises », in F. Capie and G. E. Wood (eds) *Financial Crises and The World Banking System*, London:MacMillan Press, pp. 11-31, 1986.
- [27] Group of Ten : « Report on consolidation in the financial sector », BRI, Janvier 2001.

- [28] A. SCHWARZ, M. D. BORDO et B. MIZRACH : « Real versus pseudo-international systemic risk : some lessons from history », NBER Working Paper 5371, 1995.
- [29] M. PRITSKER : « The channels for financial contagion », in S. CLAESSENS et K. FORBES, *International financial contagion*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [30] Jean-François LEPETIT : « Rapport sur le risque systémique », Avril 2000.
<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000185/0000.pdf>.
- [31] Christian BORDES : « Banque et risque systémique », Droit, Economie et Justice dans le secteur bancaire, Université Paris 1, 2007. http://www.courdecassation.fr/IMG/File/risque_systemique_bordes.pdf
- [32] O. DE BANDT et P. HARTMANN : « Systemic risk : a survey », ECB Working Paper N°35, 2000.
- [33] F. ALLEN et D. GALE : « Financial Contagion », *Journal of Political Economy*, 108(N°1), pp. 1-33, 2000.
- [34] E. RACICKAS et A. VASILIAUSKAITE : « Channels of financial risk contagion in the global financial markets », *ECONOMICS AND MANAGEMENT*, N°16, pp.1174-1184, 2011.
- [35] G. KAUFMAN : « Bank Contagion : Theory and Evidence », Federal Reserve Bank of Chicago, N° 92-13, 1992.
- [36] R. IYER et J-L PEYDRO : « Interbank Contagion at Work : Evidence from a natural experiment », ECB Working Paper N°1147, 2010.
- [37] A. DUQUERROY, N. GAUTHIER et M. GEX : « Credit Default Swaps and Financial Stability: Risks and Regulatory Issues », Banque de France, *Financial stability*, 75–88, septembre 2009.
- [38] K. FORBES et R. RIGOBON : « Measuring Contagion : Conceptual and empirical issues », in S. CLAESSENS et K. FORBES, *International financial contagion*, Boston, Kluwer Academic Publishers, pp. 43-66, 2001.
- [39] B. CHAKRABARTY et G. ZHANG : « Financial contagion channels : Market microstructure evidence from Lehman Brothers' Bankruptcy », Working Paper, 2010.
- [40] S. BRANA et D. LAHET : « La propagation des crises financières dans les pays émergents : la contagion est-elle discriminante ? », *La Documentation française : Economie Internationale*, pp. 73-96, 2005.
- [41] A. BOOT : « Regulation and Banks Incentive to Control Risk », *Economic Review de la Banque Nationale de Suède*, n° 2, 2001.
- [42] A. CROCKETT : « Central Banking, Financial Stability and Basel II », discours lors de la 38ème Conférence des Gouverneurs des Banques Centrale du Sud Est Asiatique (SEACEN), Manila 2003. www.bsp.gov.ph
- [43] T. TODD GROOME, N. BLANCHER et P. RAMLOGAN : « Vieillesse et marchés financiers », *Revue Finances & Développement*, FMI, Septembre 2006.
- [44] G. J SCHINASI : « Preserving Financial Stability », *IMF Economic Issues*, n°36, 2005.
- [45] I. BEGG : « Catch-up the Transition to Full Participation in EMU and Financial Stability », Second Annual DG ECFIN Research Conference: « Financial Stability and the Convergence Process in Europe », Octobre 2005.
- [46] Comité de Bâle : « History of the Basel Committee and its Memberships », Rapport de la Banque de Règlements Internationaux (BRI), 2009.
- [47] A. VERBOOMEN et L. DE BEL : « Bâle II et le risque de crédit : les règles actuelles et leur évolution sous Bâle III », Larcier, 2006.
- [48] R. MASERA : « Reforming financial systems after the crisis : a comparison of EU and USA », *PSL Quartely Review*, 63 (N°225), pp. 297-360, 2010.
- [49] A. VERBOOMEN et L. DE BEL : « Bâle II et le risque de crédit : les règles actuelles et leur évolution sous Bâle III », Larcier, 2006.
- [50] Comité de Bâle : « Réponse du Comité de Bâle à la crise financière : Rapport au Groupe des Vingt », Rapport de la Banque des Règlements Internationaux, 2010.
- [51] BRI : « Group of Central Bank Governors and Heads of Supervision reinforces Basel Committee reform package », Rapport Janvier 2010. <http://www.bis.org/press/p100111.htm>
- [52] Conseil de Stabilité Financière : « Progress since the Pittsburgh Summit in Implementing the G20 Recommendations for Strengthening Financial Stability », Rapport adressé au G20 et aux Ministres des Finances et Gouverneurs de Banques Centrales, Novembre 2009.
- [53] C. BORIO et M. DREHMANN : « Towards an operational framework for financial stability: 'fuzzy' measurement and its consequences ». BRI Working Papers, n° 284, Juin 2009.
- [54] F. ALLEN et D. GALE : « Financial fragility, liquidity and asset prices », *Journal of the European Economic Association*, n° 2, pp 1015–84, 2004.
- [55] H. P MINSKY : « Can "it" happen again? », *Essays on Instability and Finance*, Armonk: M E Sharpe, 1982.
- [56] C. P KINDLEBERGER : « Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises », 5th edition Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1996.
- [57] C. BORIO : « Towards a macroprudential framework for financial supervision and regulation? », BRI, Working Paper n° 128, Février 2003.

- [58] J. DANIELSSON : « Blame the models », *Journal of Financial Stability*, 2008.
- [59] H. HANNOUN : « Towards a global financial stability framework », Discours lors de la 45th SEACEN Governors' Conference, Siem Reap province, Cambodia, 26-27 February 2010.
- [60] A. CROCKETT : « Marrying the micro- and macroprudential dimensions of financial stability », Discours du 21 Septembre 2000, BRI.
- [61] C. BORIO et I. SHIM : « What can (macro-)prudential policy do to support monetary policy? », BRI, Working Paper n° 242, 2007.
- [62] Banque de France : « Quel avenir pour la régulation financière ? », *Revue de la stabilité financière* n° 13, Septembre 2009.

MODELISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA COMOE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

[MODELLING HYDROLOGICAL WATERSHED OF COMOE IN CLIMATE CHANGE CONTEXT]

Kouakou Koffi Eugene¹, Kouassi Amani Michel¹, Kouadio Zilé Alex², Goula Bi Tie Albert³, and Savane Issiaka³

¹Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi),
Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB),
BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche en Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

³Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abroguoua, 02 BP 801, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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 assess the evolution of water balance parameters watershed Comoe in a context of climate change. Using the GR2M hydrological model, climate data from the climate model RegCM3 under the A2 emission scenario were simulated to get infiltration, runoff and evaporation and plant transpiration for the periods 1991-2000, 2031-2040 and 2091-2100. Similarly, monthly hydrological and climatic data were used to calibrate the parameters of GR2M hydrological model over the period 1961-1990.

The calibration of the hydrological model gave Nash values between 57% to 72%. At validation, Nash criterion varies from 51% to 75%.

The results of projection, revealed a decrease in runoff of 18.8% to 34% in 2031-2040 and 40% to 73% in 2091-2100 horizon in different localities. Refills of sheets that are through infiltration could decrease by 7% to 13% in 2031-2040 horizon and 49.3% to 70% in 2091-2100. The decrease in these two consecutive hydrological parameters is, firstly, to falling precipitation of 7.17% and, secondly, an increase in the evaporation and plant transpiration via the temperature increase of 3.6°C in the 2091-2100 horizon.

These results show the vulnerability of Ivory Coast watersheds and especially the Comoe. Then there allow taking appropriate measures to ensure sustainability of development projects.

KEYWORDS: hydrological modeling, watershed, Comoe, climate change, Context.

RESUME: Cette étude a pour objectif d'évaluer l'évolution des paramètres du bilan hydrologique du bassin versant de la Comoé dans un contexte de changement climatique. A l'aide du modèle hydrologique GR2M, les données climatiques issues du modèle climatique RegCM3 sous le scénario d'émission A2 ont été simulées pour obtenir l'infiltration, le ruissellement et l'évapotranspiration réelle (ETR) sur les périodes 1991-2000, 2031-2040 et 2091-2100. De même, des données hydrologiques et climatiques mensuelles observées ont permis de caler des paramètres du modèle hydrologique GR2M sur la période 1961-1990.

Le calage du modèle hydrologique a donné des valeurs de Nash comprises entre 57% à 72%. Au niveau de la validation, le critère de Nash varie de 51% à 75%.

Les résultats des projections ont révélé une diminution des écoulements de 18,8% à 34% en 2031-2040 et de 40% à 73% à l'horizon 2091-2100 selon les localités. Les recharges des nappes qui se font par le biais de l'infiltration pourraient diminuer de 7% à 13% à l'horizon 2031-2040 et de 49,3% à 70% en 2091-2100. La baisse de ces deux paramètres hydrologiques est consécutive, d'une part, à la chute des précipitations de 7,17% et, d'autre part, d'un accroissement de l'ETR via l'augmentation de la température de 3,6 °C à l'horizon 2091-2100.

Ces résultats obtenus montrent le niveau de vulnérabilité des bassins versants de Côte d'Ivoire et particulier celui de la Comoé et permettent de prendre des mesures appropriées pour assurer un développement durable des projets d'aménagement.

MOTS-CLEFS: Modélisation hydrologique, bassin versant, Comoé, Contexte, changement climatique.

1 INTRODUCTION

Les changements climatiques ont provoqué la rupture de l'équilibre climatique mondial et des climats régionaux. Ils sont devenus de ce fait une menace quotidienne pour la planète en raison de leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel. Ils ont pour effets le réchauffement de la planète, la perturbation des cycles saisonniers [1], la réduction de la production agricole, la détérioration de la sécurité alimentaire [2], l'incidence accrue des inondations et de la sécheresse, la propagation des maladies et l'augmentation des risques de conflits dus à la raréfaction des terres et de l'eau ainsi que l'avancée des mers sur les continents suite à la fonte des calottes glaciaires [3].

Le cycle de l'eau étant l'une des composantes majeures du climat, tout changement de ce dernier a des implications importantes sur les ressources en eau, [4].

A cet effet, les études menées en Afrique de l'Ouest et particulièrement en Côte d'Ivoire ont montré que la variabilité et le changement climatique impactent fortement les hydro systèmes [4-6].

En effet, les impacts des variations du climat s'avèrent alarmants au niveau des ressources en eau d'autant plus que les résultats des études menées sur les fluctuations climatiques montrent que la pluviométrie a baissé de 10% à 30% selon les zones [5, 7- 9]. Cette situation a pour conséquence la baisse des débits des grands fleuves de la région de 20% à 60% depuis les années 70 [5- 8] réduisant significativement les superficies des principales zones humides naturelles [10].

De ce fait, analyser et prévoir les paramètres du bilan hydrique d'une zone devient indispensable pour la proposition des solutions adaptées aux projets de développement liés à l'hydrologie, à l'agronomie et à l'aménagement du territoire.

C'est dans cette optique que cette étude a été initiée pour déterminer l'évolution des paramètres hydrologiques dans un contexte de changement climatique.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de la Comoé (**Figure 1**) fait partie des bassins transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest. Il est situé entre les longitudes 2°7W et 5°81W et les latitudes 5°2N et 11°04N. Son cours d'eau prend sa source dans la région de Banfora au Sud du Burkina Faso et se jette dans l'océan atlantique au niveau de Grand-Bassam en Côte d'Ivoire, suivant la direction

Nord-Sud. Son cours d'eau est long de 1160 Km et couvre une superficie d'environ 78 100 Km². Ce bassin est sous l'influence de trois climats : le climat tropical ou soudanais au nord (zone III), le climat équatorial de transition atténué au centre (zone II) et le climat équatorial de transition (zone I).

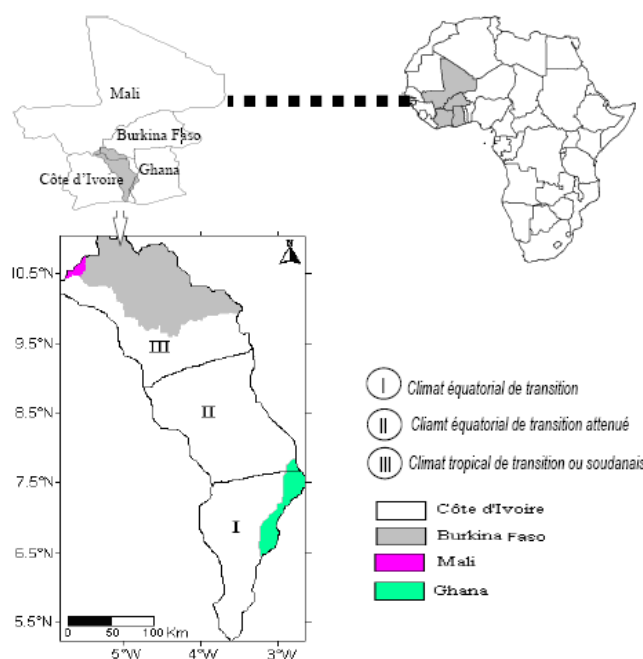


Figure 1 : Présentation du bassin versant de la Comoé et son découpage climatique

3 DONNEES, OUTILS ET METHODES

3.1 DONNEES DU MODELE

Deux types de données ont été utilisés dans cette étude. Il ya d'abord les données observées constituées de précipitations, des évapotranspirations et de débits mensuels ayant servi au calage et à la validation du modèle hydrologique GR2M sur la période 1961-2000. Ces données ont été fourni par la météorologie nationale et de l'hydrologie de la Côte d'Ivoire et du Burkina Faso.

Le deuxième type de données concerne les précipitations mensuelles et de l'évapotranspiration potentielle mensuelles simulées par le modèle climatique RegCM3 aux horizons 2031-2040 et 2091-2100 sous le scénario d'émission A2 par rapport à la période de référence 1991-2000.

3.2 DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU MODELE HYDROLOGIQUE GR2M

Le modèle hydrologique GR2M (Génie Rural à deux paramètres Mensuel) est un modèle conceptuel pluie-débit comportant deux réservoirs régulés par deux paramètres ajustables et fonctionnant au pas de temps mensuel (Mouelhi, 2003). C'est un modèle hydrologique qui a été mis en place par le Cemagref [11-12].

C'est un modèle performant et robuste [6, 8, 13-16].

3.3 METHODE D'EVALUATION DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU

3.3.1 PRINCIPE

La méthode employée pour étudier les impacts du changement climatique sur les ressources en eau se résume en quatre étapes :

- (a) - la préparation des données d'entrée du modèle ;
- (b) - le calage et la validation du modèle conceptuel GR2M avec les données réellement observées ;
- (c) - la construction de séries climatiques réalistes (pluies et ETP) pour les horizons futurs (2031-2040 et 2091-2100) à partir des données climatiques effectivement observées sur la période de référence (1991-2000) et celles simulées sur les périodes 2031-2040 et 2091-2100.

(d) - Simulation des écoulements à l'aide du modèle conceptuel GR2M à partir des paramètres calés à l'étape (b) et des séries chronologiques construites à l'étape (c).

3.3.2 PREPARATION DES DONNEES D'ENTREE ET DE SORTIE DU MODELE GR2M

3.3.2.1 DONNEES D'ENTREE : PRECIPITATIONS ET ETP MOYENNES MENSUELLES

Deux types de données sont utilisés à l'entrée du modèle GR2M. Il s'agit des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle. Etant donné que les paramètres du modèle sont très sensibles aux variations de ces données, leur qualité et leur utilisation dans le modèle requiert des traitements appropriés. C'est dans ce sens que la méthode des polygones de Thiessen a été appliquée pour le calcul des précipitations et des évapotranspirations potentielles moyennes mensuelles.

3.3.2.2 DONNEES DE SORTIE DU MODELE : LAMES D'EAU ECOULEES SUR LES BASSINS

Les lames d'eau observées, exprimées en millimètre, interviennent aussi comme données d'entrée du modèle. Son utilisation a pour but de la comparer aux lames d'eau calculées par le modèle en phase de calage et de validation. Ainsi, sa superposition avec les lames d'eau simulées par le modèle montre une meilleure adéquation entre les résultats du modèle et les valeurs observées.

Le calcul de la lame d'eau mensuelle (LE) s'obtient par la formule suivante :

$$LE = 86,4 \times N_j \frac{Q(m^3/s)}{S(Km^2)} \quad (1)$$

Où :

LE : lame d'eau écoulee sur le bassin versant (mm/mois)

Q : débit du cours d'eau mesurée à une station donnée (m^3/s)

S : surface de la section du bassin versant à une station donnée (Km^2)

86,4 : facteur de conversion

N_j : nombre de jours dans un mois donné

3.3.3 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE : CRITERE D'OPTIMISATION DES PARAMETRES

Une fois la phase de préparation des données terminée, il s'en suit alors le calage et la validation du modèle.

Le but de cette étape consiste à s'assurer que le modèle hydrologique représente le plus adéquatement possible les débits observés. Il consiste de ce fait à ajuster les paramètres du modèle de façon à ce que l'adéquation entre les débits simulés et observés soit maximale. Le critère le plus utilisé est celui de Nash [17]. Ce critère adimensionnel permet de juger de la qualité de l'ajustement et de faciliter la comparaison des ajustements sur différents bassins dont les écoulements ont des ordres de grandeur différents. Les paramètres du modèle retenus sont ceux dont la valeur minimise la fonction critère préalablement choisie. Une fois le modèle «calé», l'on utilise les paramètres issus du calage et un autre jeu de données expérimentales pour effectuer la validation. Ainsi, la comparaison entre modèle et réalité terrain traduite par la valeur de la fonction critère permet alors de valider ou non le modèle. Les périodes de calage et de validation qui donnent les meilleures valeurs de Nash sont choisies de manière à ce qu'elles soient homogènes (sans rupture climatique présumée ni dans les séries de pluie ni dans les séries de débit) [14-15]. L'expression de Nash est :

$$Nash = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{cal,i}})^2} \right] \quad (2)$$

$Q_{obs,i}$ et $Q_{cal,i}$ sont les débits observés et calculés au pas de temps i , $\overline{Q_{cal,i}}$ est la moyenne des débits observés sur la période considérée.

Les résultats sont d'autant plus meilleurs lorsque la valeur de Nash se rapproche de 1

3.3.4 GENERATION DE NOUVELLES SERIES CLIMATIQUES FUTURES A PARTIR DES DONNEES OBSERVEES ET DES SORTIES DU MODELE REGCM3-A1B

La nécessité de générer de nouvelles séries climatiques futures pour simuler les écoulements sur différents bassins trouve son explication à plus d'un titre. En effet, les modèles climatiques en général ont du mal à reproduire la dynamique des variations mensuelles des précipitations au cours d'une année (dynamisme de la saison des pluies). De même, ces modèles présentent une tendance à surestimer ou à sous-estimer les valeurs des paramètres calculés. Dans le cas du modèle RegCM3, la tendance des données est à la surestimation des valeurs des paramètres, notamment les précipitations, les températures et les évapotranspirations potentielles.

Pour combler ces insuffisances, il est important de corriger ces lacunes en créant de nouvelles séries de données climatiques (précipitation et ETP) en établissant un champ de variations entre le climat futur (horizons 2031-2040 et 2091-2100) et la période de référence (1991-2000). La méthode de correction retenue est la méthode des variations aux horizons appelée également scénario climatique "Horizon" (suffixe Hori) utilisée par [14] et [15]. Elle est appliquée sur les données observées par les services de la météorologie nationale (précipitations et ETP) sur la période de référence (1991-200) et les données de prévisions simulées par le modèle RegCM3-A1B.

Méthode : méthode des variations aux horizons

La méthode des variations aux horizons prend en compte les variations aux deux horizons définis dans cette étude (2031-2040 et 2091-2100). Il s'agit de calculer les taux de variations des précipitations et d'évapotranspiration potentielle moyennes mensuelles entre les deux horizons et la période de référence retenue précédemment (1991-2000), et d'appliquer ces taux aux données d'observation. Les taux de variations mensuelles pour les différents horizons sont calculés selon la formule

Les taux de variation sont appliqués sur les séries de données observées pour obtenir les séries correspondantes aux différents horizons (2031-2040 et 2091-2100). En supposant que les observations (de précipitations et d'évapotranspiration potentielle) de la période de référence (1991-2000) peuvent se reproduire à nouveau, un tirage aléatoire de deux séries de dix années chacune est effectué entre 1991 et 2000 pour créer des séries fictives ayant une moyenne identique à celle de la période de référence pour les différentes échéances. Cependant, l'ordre de succession des années dans le tirage peut être différent de celle de la série de 1991-2000. Les taux de variation calculés sont appliqués à la série fictive suivant la formule de l'équation (3) [14] :

$$X_i^c = X_i^{fict} + X_i^{fict} \times \Delta_i^{hor} \quad (3)$$

Avec X_i^{fict} = valeur mensuelle observée sur la période de référence,

Δ_i^{hor} = taux de variations mensuel à un horizon déterminé.

De cette manière, de nouvelles séries de données climatiques qui respectent les taux de variations aux deux horizons 2031-2040 et 2091-2100 fournies par le modèle climatique sont ainsi créées, mais avec des valeurs plus réalistes qui respectent la dynamique de la répartition mensuelle du total annuel de chacun des paramètres.

Les jeux de données de précipitations et d'évapotranspiration potentielle ainsi créés sont utilisés pour la simulation des écoulements sur les sous-bassins versants testés précédemment.

3.3.5 SIMULATION DES ECOULEMENTS POUR LE 21^{ème} SIECLE

Une fois les nouvelles séries climatiques futures générées, elles sont utilisées en entrée du modèle hydrologique GR2M pour produire les écoulements attendus aux horizons 2031-2040 et 2091-2100. Pour rendre possible la simulation des écoulements futurs, l'on garde constant les paramètres ayant servi au calage et à la validation sur les périodes déjà observées. En effet, le modèle hydrologique nécessite certes des données climatiques, mais aussi les données de capacité en eau du sol. Les données climatiques que sont les précipitations et l'évapotranspiration, proviennent des scénarii climatiques élaborés sur la base des résultats du modèle RegCM3-A1B et des observations sur le terrain. En revanche, nous ne disposons pas d'informations sur l'évolution des données de capacité en eau du sol au cours du 21^{ème} siècle. Or selon certains auteurs [18-22], l'état de surface des bassins versant influence les écoulements des cours d'eau. Les modèles hydrologiques utilisés dans les études d'impact devraient en tenir compte. Malheureusement, à l'heure actuelle, il nous est impossible de prévoir l'évolution de la capacité en eau du sol pour les décennies à venir.

Conscients de ce qu'il y a une voie de recherche à explorer pour améliorer les résultats, nous avons été contraints d'utiliser des valeurs de capacité en eau maintenues constant pendant tout le 21^{ème} siècle.

3.3.6 EVALUATION DES DIFFERENTS TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA COMOË

L'évaluation des termes du bilan s'est faite en se servant de la méthode du bilan hydrologique qui est la méthode la plus utilisée [23].

Le bilan hydrologique consiste à évaluer les flux d'entrée et les flux de sortie d'un système.

Ce bilan est défini dans l'espace et dans le temps. Il est l'outil indispensable qui permet l'analyse du cycle global de l'eau.

Il est admis que les précipitations qui tombent dans une région donnée sont partagées entre l'évapotranspiration, l'écoulement de surface et la recharge des nappes souterraines, de sorte que l'équation du bilan hydrologique s'exprime par:

$$P = (ETR + R) + I + \Delta S \quad (4)$$

Soit :

$$I = P - (ETR + R)$$

I : lame d'eau infiltrée (mm) ;

P : pluviométrie (mm) ;

ETR : évapotranspiration réelle (mm) ;

R : lame d'eau écoulée à l'exutoire du bassin versant (mm) ;

ΔS : variation du stock d'eau. A l'échelle du cycle hydrologique annuel, les variations de stock s'annulent sur un grand bassin [24].

Dans le cas de cette étude, la détermination de l'ETR est basée sur la modélisation de la relation pluie-débit par le modèle GR2M qui est un modèle à réservoir et de bilan. L'expression de l'ETR, pour un mois considéré, est donnée par la relation suivante :

$$ETR = S_1 - S_2 \quad (5)$$

Où S_1 est le niveau d'eau dans le réservoir sol après une pluie et S_2 le niveau d'eau dans le réservoir après l'évapotranspiration.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE GR2M

Le calage et la validation ont été effectués respectivement sur la période 1971-1990 et 1961-1970 pour cinq sous-bassins de la Comoé notamment les sous bassins de la Comoé à Sérébou, à Akakomoékro, à Aniasué, à M'basso et de la Léraba à Yenderé. Concernant la station de Gansé sur la Comoé, l'absence d'une longue série de débits nous a contraint à effectuer le calage sur la période 1985-2000 et la validation sur la période 1977-1984.

A la fin des tests de calage et de validation du modèle GR2M, nous avons obtenu des résultats présentés dans le tableau 1.

Lors du calage du modèle, les valeurs de Nash obtenues sont comprises entre 56,1% et 72,4%. Les fortes valeurs de Nash sont obtenues à la station de Sérébou et de Gansé avec un peu plus de 72%. Par contre, les plus faibles valeurs de Nash se trouvent à la station de Yenderé et d'Akakomoékro avec des Nash respectifs de 56,1% et de 57,1%.

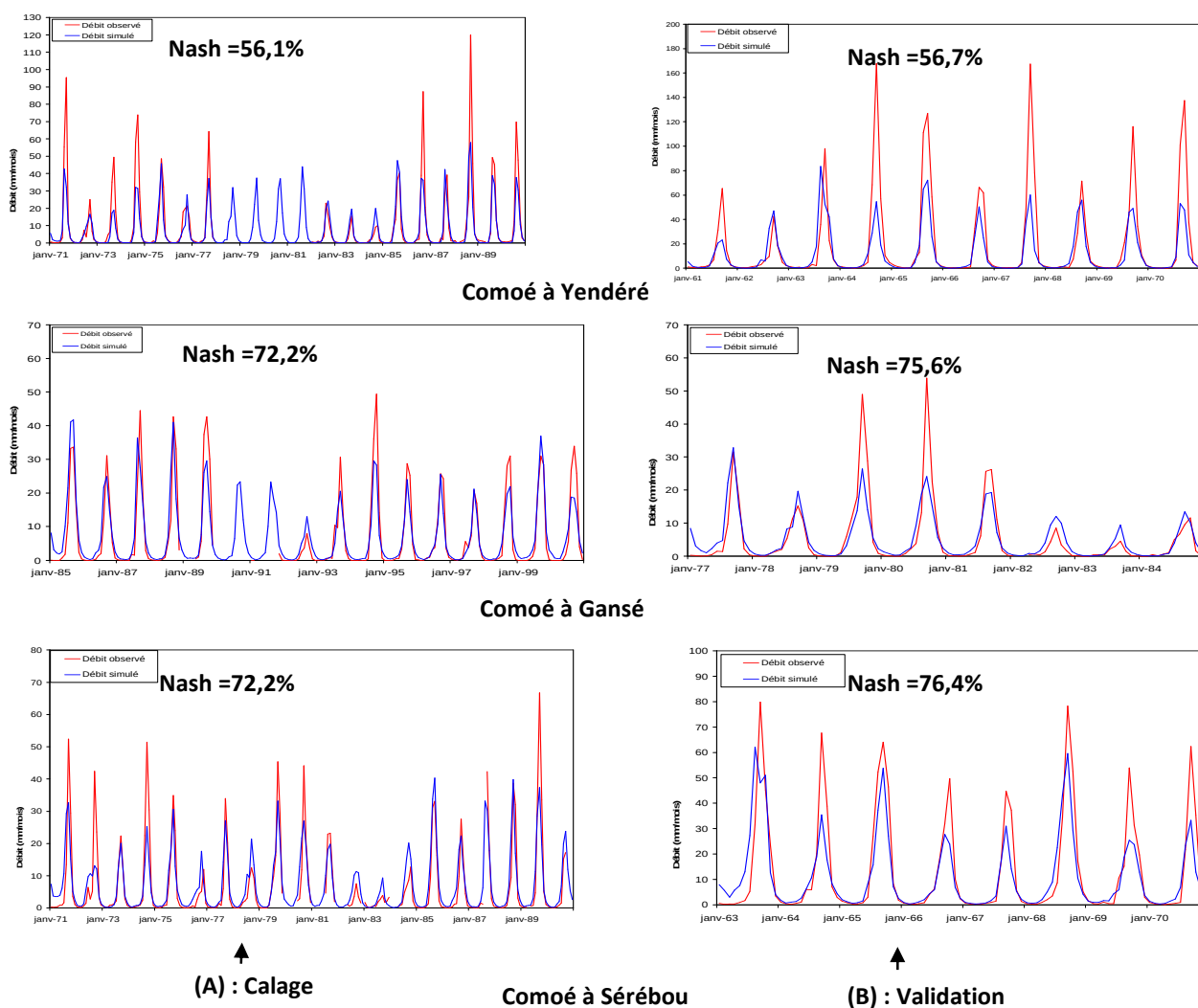
En phase de validation, les valeurs de Nash oscillent entre 51,4% et 76,4%. Les stations de Sérébou et de Gansé présentent les meilleures valeurs de calage et de validation (Nash > 70%).

Dans l'ensemble, le modèle GR2M donne des valeurs satisfaisantes en calage et en validation avec des valeurs moyennes de Nash supérieures à 60%.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres X_1 et X_2 lors du calage du modèle GR2M

	X_1	X_2	Calage		validation	
			Période	Nash (%)	Période	Nash (%)
Yendéré	808,27	0,59	1971-1990	56,1	1961-1970	56,7
Ganse	1265,33	0,59	1985-2000	72,2	1977-1984	75,6
Sérébou	1088,29	0,62	1971-1990	72,4	1961-1970	76,4
Akakomoékro	1145,70	0,58	1971-1990	57,1	1961-1970	66,9
Aniassué	1113,96	0,49	1971-1990	60,4	1961-1970	59,9
M'basso	1098,43	0,53	1971-1990	68,3	1961-1970	51,4

Les hydrogrammes calculés et observés en calage (Figures 2A et Figure 3A) et en validation (Figures 2B et Figure 3B) pour les différents sous-bassins versants de la Comoé permettent de vérifier visuellement la performance du modèle utilisé. Il ressort des observations que les hydrogrammes calés sont également de bonne qualité. En effet, la dynamique des écoulements est bien respectée et les étiages sont correctement reproduits, tant en calage qu'en validation. Cependant, le modèle a quelques faiblesses. Il ressort qu'en phase de calage et de validation, le modèle n'arrive pas à reproduire correctement les pointes de crues. Des écarts importants entre les deux hydrogrammes s'observent au niveau des pointes de crue. A ce niveau, le modèle sous-estime les volumes écoulés. Mais, l'observation générale montre qu'il existe une meilleure adéquation entre les hydrogrammes observés et calculés en phase de calage et de validation.

**Figure 2 : Représentation des hydrogrammes calculés et simulés lors du calage (A) et de la validation (B)**

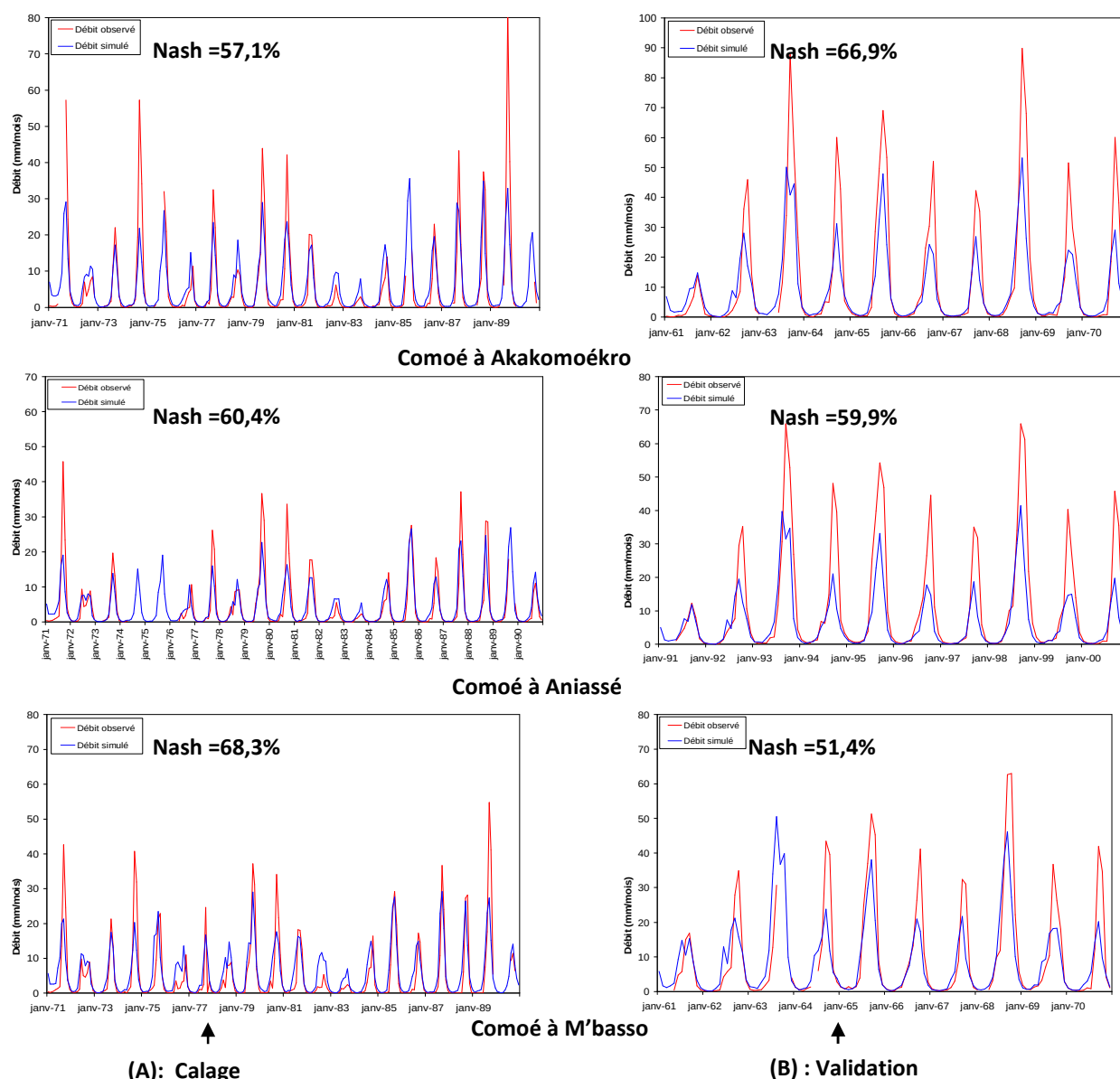


Figure 3 : Représentation des hydrogrammes calculés et simulés lors du calage (A) et de la validation (B)

4.1.2 EVOLUTION DES PARAMETRES DU BILAN HYDROLOGIQUE

Cette section présente l'évolution des paramètres hydrologiques simulés sur les horizons par le modèle.

4.1.2.1 EVOLUTION DES DÉBITS MOYENS ANNUELS

La représentation des débits moyens annuels en fonction des différents horizons (Figure 4) montrent une baisse des écoulements qui pourrait s'effectuer de façon linéaire sur l'ensemble du bassin versant. A cet effet, on constate que les débits de la rivière Léraba (Nord) du bassin pourraient passer de 23,2 à 6,8 m³/s soit une diminution de 70,68% à l'horizon 2091-2100. Pendant ce temps, les écoulements sur le reste du bassin versant pourraient baisser entre 40,5% à Akakomoékro et 58,34% à la Station de Gansé.

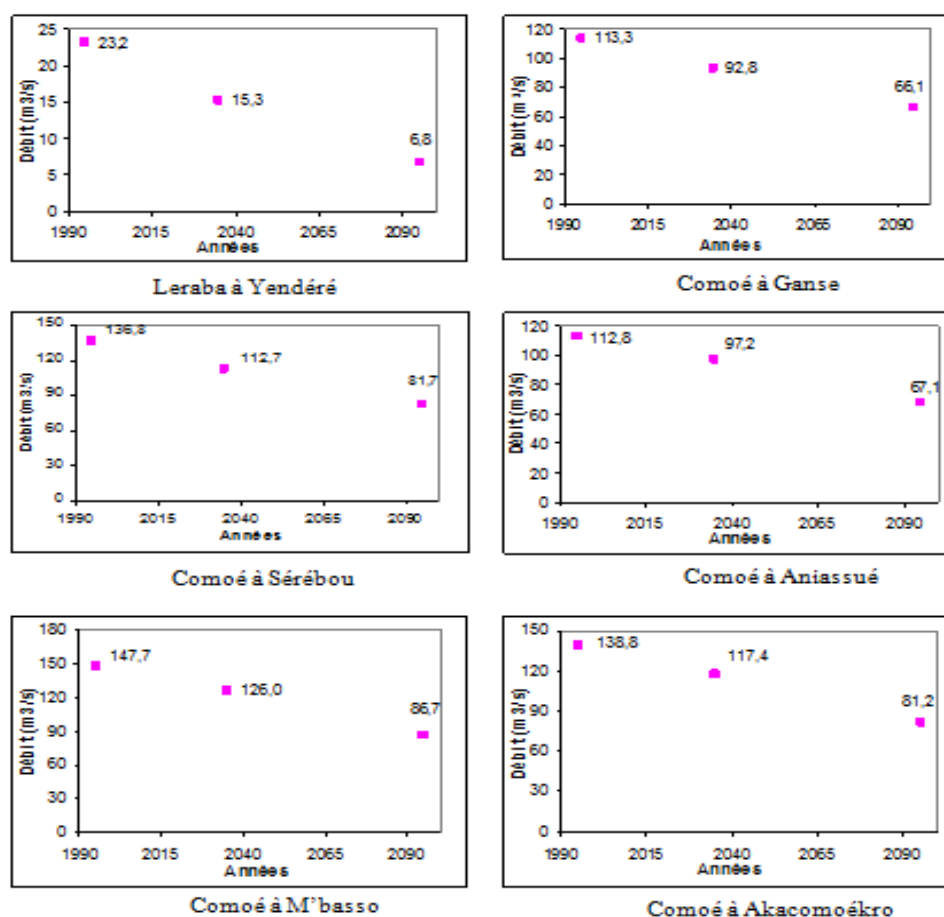


Figure 4 : Evolution des débits moyens annuels sur six sous bassins versants de la Comoé pour les périodes 1991-2000, 2031-2040 et 2091-2100

4.1.2.2 EVOLUTION DE LA RECHARGE SUR LE BASSIN VERSANT

L'étude de la recharge annuelle en eau calculée sur six sous-bassins versants de la Comoé montre que les infiltrations pourraient baisser considérablement comme les écoulements au cours du 21^{ème} siècle (Figure 5). En effet, sur la période 1991-2000, les infiltrations sont comprises entre 171,7 mm et 109,6 mm. A l'horizon 2031-2040, elles passent entre 155,5 mm et 97,8 mm ; ce qui correspond à une baisse de 7,44% à 13,73% par rapport à la référence 1991-2000. A l'horizon 2091-2100, les recharges du bassin pourraient fluctuer entre 80,2 mm et 31,7 mm et correspondent également à une baisse de 49,34% à 70% par rapport à la référence 1991-2000. Il apparaît clairement que vers la fin du 21^{ème} siècle, la recharge des nappes via les précipitations sera réduite de moitié sur le bassin versant dans son ensemble.

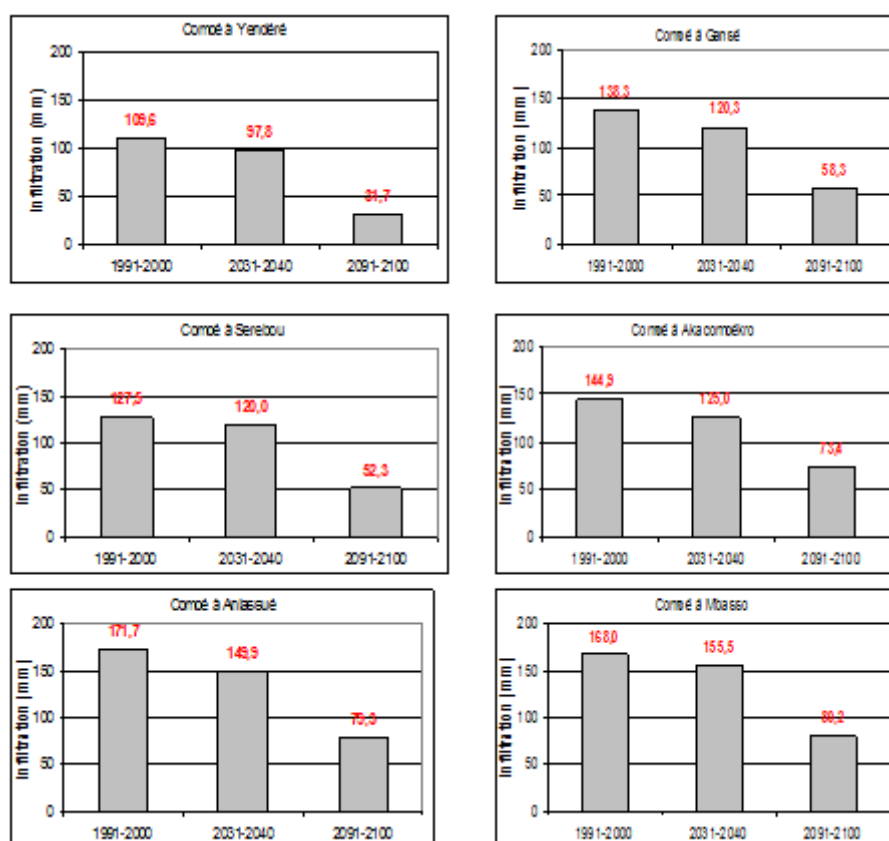


Figure 5 : Evolution de la recharge moyenne annuelle sur le bassin de la Comoé pour les périodes 2031-2040 et 2091-2100, en regard de celle de 1991-2000

4.1.2.3 EVALUATION DU BILAN HYDROLOGIQUE ANNUEL DU BASSIN VERSANT DE LA COMOÉ

Le bilan hydrologique du bassin versant de la Comoé a été estimé (Figure 6). Il concerne les quatre principaux paramètres du bilan hydrologique que sont les hauteurs de pluies annuelles, les évapotranspirations réelles (ETR), les lames d'eau ruisselée et infiltrées.

Les pluies moyennes annuelles qui sont tombées sur le bassin versant de la Comoé au cours de la période 1991-2000 varient de 1024,4 mm (Nord) à 1088,5 mm (Sud). Elles pourront passer entre 945 mm et 1030 mm à l'horizon 2091-2100.

Après la pluie, vient par ordre d'importance l'ETR. Au cours de la période 1991-2000, cette variable hydrologique a varié sur le bassin de 792,9 mm à 858 mm et représente 77,43% à 79,60% des précipitations. L'ETR pourrait augmenter pour atteindre des proportions qui varient entre 869,9 mm et 994,9 mm à l'horizon 2031-2040 soit un accroissement de 0,02% à 3% par rapport à la référence 1991-2000. A l'horizon 2091-2100, elles atteindront les valeurs de 836,9 mm à 912 mm ; ce qui correspond à une augmentation de 4,7% à 7,4% par rapport aux valeurs de 1991-2000. Cependant, l'ETR représente la fraction la plus importante des précipitations qui tombent sur le bassin de la Comoé. Elle varie entre 77,43% et 79,60% au cours de la période 1991-2100. Toutefois, les valeurs d'ETR des zones de forêt et humides sont plus élevées que celles des régions de savanes.

Quant à la lame d'eau infiltrée, elle représente la fraction de la pluie qui est censée alimenter les nappes d'eau souterraine. Elle est plus importante que les écoulements de surface et régresse des régions forestières vers les savanes. Elle est de 109,6 mm à Yendéré (Nord) à 171,7 mm à Aniassué (Sud) à la période 1991-2000. Aux horizons 2031-2040 et 2091-2100, les lames d'eau infiltrées pourraient connaître une baisse et pourraient varier respectivement de 97,8 mm (Yendéré) à 155,5 mm (Aniassué) et de 31,7 mm à 80,2 mm. Quant aux écoulements, ils occupent la plus petite fraction de la pluie par rapport aux autres paramètres du bilan. A la suite de ces observations, il apparaît que la disponibilité des ressources en eau surtout en ce qui concerne les eaux de surface et la recharge des nappes pourrait connaître une baisse drastique. En effet, le régime des cours d'eau pourrait baisser de plus de 50% vers la fin du 21^{ème} siècle ainsi que l'eau destinée à la recharge dans des proportions similaires (entre 52,30% et 71%).

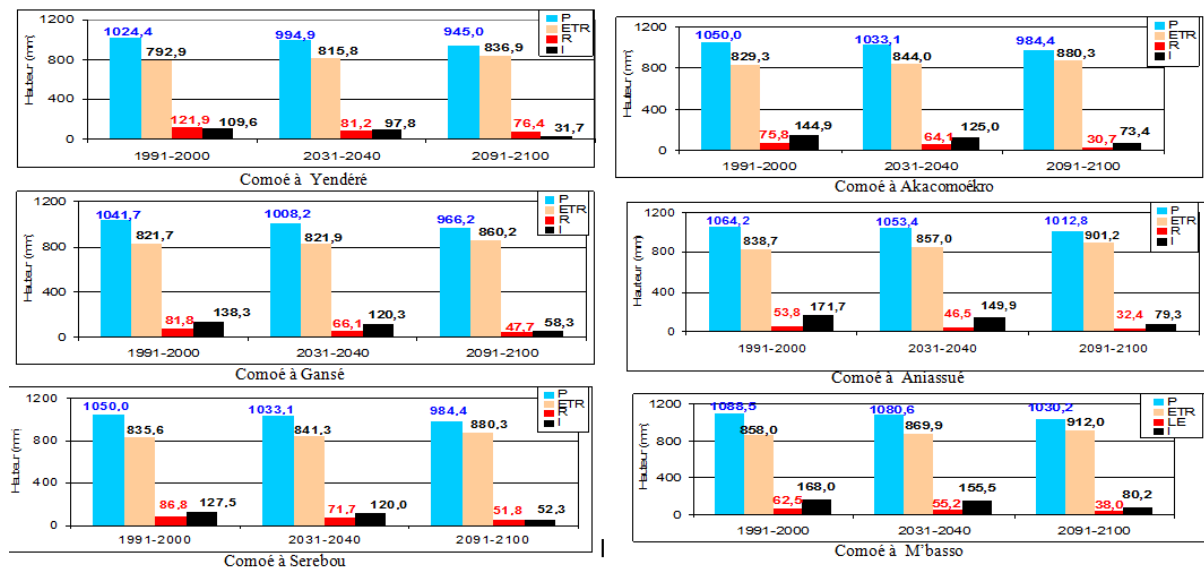


Figure 6 : Evolution des paramètres du bilan hydrologique sur le bassin versant de la Comoé pour les périodes 2031-2040 et 2091-2100, en regard de celle de 1991-2000

4.2 DISCUSSION

A la lumière des résultats présentés, il ressort lors du calage et de la validation que le modèle GR2M sous-estime les débits de crues. Cette contre-performance a deux origines : les contrastes climatiques et la non prise en compte des états de surface du bassin versant (occupation du sol, barrages hydro-agricoles). En effet, de nombreux travaux relatifs à l'aptitude des bassins versants à ruisseler [24-30] ont montré que les principaux facteurs sont la nature géologique du substratum, les grands types de sols qui le constituent, le couvert végétal, la pente et les indices de compacité ainsi que l'occupation du sol. Comme on peut le constater, ces caractéristiques n'ont pas toutes été prises en compte dans le modèle. Cependant, les valeurs de Nash dans cette étude sont similaires à celles obtenues [14] sur les bassins versants de la Gambie et du Sassandra et [16] sur le bassin versant du N'zi. En effet, sur ces bassins, ces deux auteurs ont trouvé des valeurs de Nash en calage et en validation variant en moyenne entre 26,2% à 90,2% sur le bassin versant du Sassandra et de 39% à 81% sur le bassin versant du N'zi.

Le modèle GR2M ainsi validé et calé sur des périodes d'observation a permis d'effectuer les simulations sur la période d'observation (1991-2000) servant de référence à l'étude du changement climatique, et les deux périodes de projection (2031-2040 et 2091-2100). L'étude des impacts du changement climatique sur les ressources en eau a montré d'importantes modifications des principales composantes du cycle de l'eau que sont la pluviométrie, l'ETR, les écoulements de surface et la recharge des nappes d'eau souterraines représentées par les infiltrations. Les deux composantes (écoulements de surface et infiltrations) sont les plus affectées, alors qu'ils constituent les ressources en eau disponibles que les populations utilisent pour satisfaire leurs besoins sur le bassin versant (agriculture, industrie, domestique). Au niveau des écoulements moyens annuels sur le bassin versant, ils pourraient baisser continuellement pour atteindre des déficits d'environ 40% dans le cours d'eau principal et de 71% sur l'un des principaux affluents du Nord (Léraba), vers la fin du 21^{ème} siècle. Ces diminutions des écoulements sont consécutives à la baisse des précipitations (7,14%) et un accroissement maximum de 28,2% de l'ETP via l'augmentation des températures. Cette tendance à la baisse des écoulements sur le bassin, malgré sa dépendance au modèle et aux scénarii utilisés, reste conforme aux résultats trouvés par [14] sur les bassins versants du Sénégal, de la Gambie et du Sassandra, et par [31] sur le Bandama.

Les lames d'eau destinées à la recharge, quant à elles, pourraient diminuer de près de 50% sur l'ensemble du bassin versant consécutivement à la chute des précipitations, ce qui suppose que le niveau piézométrique des nappes baissera. Cette tendance à la baisse des niveaux piézométriques des nappes est globalement de 2 m sur l'ensemble du Burkina Faso depuis 1978, du fait de la diminution des précipitations [32]. L'importance des précipitations dans la recharge des nappes est une réalité. En effet, les nappes se rechargent proportionnellement à la précipitation. Les résultats révèlent également que la lame d'eau destinée à la recharge est plus importante que celle écoulee sur le bassin versant. Cela tient à un certain nombre de facteurs qui se résument à la fois à la structure géologique et aux ouvrages de stockage présents sur le bassin versant. La formation géologique majeure du bassin versant est constituée par des schistes. Leur disposition verticale pourrait être un

facteur de bonne perméabilité. La présence d'un grand nombre de barrages hydro-agricoles contribue à affaiblir les ruissellements sur le bassin versant.

5 CONCLUSION

L'étude portant sur les impacts du changement climatique sur les ressources en eau a montré que le bassin versant de la Comoé est vulnérable au changement climatique. En effet, par rapport à la période 1991-2000, le scénario utilisé prévoit sur les différents sous bassins versants testés, des baisses de précipitations moyennes annuelles qui pourraient passer de 0,7 à 11% dans le courant du 21^{ème} siècle. Contrairement aux précipitations, l'évapotranspiration moyenne annuelle pourrait augmenter graduellement pour atteindre un taux d'accroissement maximum de 28,2% vers 2100 pour les bassins versants situés au Nord, notamment celui de la Léraba à Yendéré.

En ce qui concerne les écoulements annuels au cours de ce siècle, les déficits attendus sont plus importants que ceux des précipitations. Des baisses de 14,8% à 34,4% (9,5 à 41,7 mm/an) à l'horizon 2031-2040 et de 40,3% à 73,3% (26,7 à 88,9 mm/an) à l'horizon 2091-2100 sont prévues.

La recharge des nappes d'eau souterraine pourrait également diminuer considérablement au cours du 21^{ème} siècle, ce qui peut être à l'origine d'un assèchement de certains ouvrages hydrauliques captant l'eau souterraine pendant les périodes sèches de l'année.

L'étude des impacts potentiels du changement climatique sur les ressources en eau a montré que les variations croissantes du climat influencent directement le cycle de l'eau. Elles constituent donc une menace directe pour les moyens de subsistance des populations les plus démunies. Les stratégies d'adaptation aux changements climatiques doivent tenir compte de cette réalité et porter sur l'amélioration d'une exploitation durable des ressources naturelles, afin d'accroître la capacité de résistance des écosystèmes et de réduire leur faiblesse (vulnérabilité) par rapport aux risques et aux dangers.

Les résultats des prévisions effectuées dans cette étude permettent de se faire une idée en termes de moyennes et de tendances des variables climatiques et hydrologiques du bassin versant dans son ensemble. Les résultats constituent une hypothèse valable de travail qu'il conviendrait d'affiner au fur et à mesure que les performances des modèles climatiques vont s'améliorer.

REFERENCES

- [1] P. L. A. Ouedraogo, prédétermination des séquences sèches et intérêt de l'information climatique sur la production céréalière en zone sahélienne, mémoire pour l'obtention du master en ingénierie, option : eau agricole, 42 p, 2013.
- [2] C. SIMONET, "Changement climatique, chocs pluviométriques et sécurité alimentaire : essais sur l'usage de l'information climatique en économie du développement," Thèse de doctorat en Sciences Économiques, Juridique et de Gestion, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand 1, 2012
- [3] GIEC "Bilan 2007 des changements climatiques" Rapport de synthèse GIEC, Genève, Suisse, 2007.
- [4] K.E. KOUAKOU, B.T. A. GOULA, A. Mi. KOUASSI, "Analyse of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters: case study of Côte d'Ivoire," International Journal of Scientific and Engineering Research, Vol.3,no 2 pp. 1-8, 2012.
- [5] B. T. A. Goula, I. Savané, Konan B., V. Fadika and G. B. Kouadio, " Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide)" Vertigo, vol.1, pp. 1-12, 2006.
- [6] K. E. Kouakou, Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Comoé, Thèse de Doctorat, Université Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 2011.
- [7] Savane I., K. M. Coulibaly and P. Gioan, "Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man," Sécheresse, vol. 12, no. 4, pp. 231-237, 2001.
- [8] M. Ouedraogo, Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale, Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 2001.
- [9] K. E Kouakou., B. T. A Goula and I. Savane, "Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide : Cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire - Burkina Faso)," European Journal of Scientific Research, vol.16 no.1, pp. 31-43, 2007.
- [10] N. Madiodio, A. Abe and A. Abou, Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification. UICN – Union mondiale pour la nature, 2004.
- [11] Z. Makhlof and C. Michel, "A two- parameter monthly water balance model for French watersheds," Journal of Hydrology, vol. 162, pp. 299-318, 1994.

- [12] J. Lavabre, P. Arnaud, N., Folton and C. L. Michel, "Les écoulements d'un petit bassin versant méditerranéen après un incendie de forêt," In *Ingénieries - Eau- Agriculture-Territoire*, vol. 7, pp. 21-30, 1996.
- [13] S. Mouehli, Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de doctorat de l'ENGREF, Cemagref (Antony), Université Paris VI, 2003.
- [14] B. S. Ardoin, Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne, Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II, 2004.
- [15] D. Sighomnou, Analyse et redéfinition des régimes climatiques et Hydrologiques du Cameroun : perspectives d'évolution des ressources en eau. Thèse de Doctorat d'Etat Université de Yaoundé 1, Cameroun, 2004.
- [16] A. M. Kouassi, Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 2007.
- [17] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe, "River flow forecasting through conceptual models; Part I: a discussion of principles," *Journal of hydrology*, vol. 10, pp. 282-290, 1970.
- [18] A. Amani and M. Nguetora, "Evidence d'une modification du régime du fleuve Niger à Niamey," *International Association of Hydrological Sciences*, vol. 274, pp. 449-456, 2002.
- [19] C. Leduc, G. Favreau and P. Schroeter, "Long-term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in South-West Niger," *Journal of Hydrology*, vol. 243, pp. 43-54, 2001.
- [20] G. Mahé, A. Dray, J. E. Paturel, A. Cres, F. Kone, M. Manga, F. N. Cres, J. Djoukam, A. Maiga, M. Ouedraogo and E., Servat, "Climatic and anthropogenic impacts on the flow regime of the Nakambe River in Burkina Faso," *International Association of Hydrological Sciences*, vol. 274, pp. 69-76, 2002.
- [21] Z. A. Kouadio, "Dynamique de l'occupation du sol et comportement hydrologique. Cas des bassins versants côtiers de l'Agnéby et du Boubo," Thèse Unique de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 2011.
- [22] Z. A. Kouadio, K. E. Kouakou, A. B. Konan-Waidhe, B. T. A. Goula and I. Savane, "Modélisation du comportement hydrologique du bassin versant du Boubo en milieu tropical humide de la Côte d'Ivoire par l'application du modèle hydrologique distribué CEQUEAU," *Afrique SCIENCE*, vol. 11, no. 3, 2015.
- [23] B. Dieng, P. Bazie and A. Schmitt, "Transfert d'eau en milieu poreux non saturé. Recharge des nappes en climat soudano-sahélien. In : Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone," *Actes des journées scientifiques de Thiès, AUPEL-UREF*, 1991.
- [24] G. Mahé, R. Dessouassi, C. Bandia and J. C. Olivry, "Comparaison des fluctuations interannuelles de piézométrie, précipitation et débit sur le bassin versant du Bani à Douna au Mali," *International Association of Hydrological Sciences*, vol. 252, pp. 289-295, 1998.
- [25] B. Pouyaud, "Variabilité spatiale et temporelle des bilans hydriques de quelques bassins versants d'Afrique de l'ouest en liaison avec les changements climatiques," *International Association of Hydrology Sciences*, vol. 168, pp. 447-461, 1987.
- [26] B. Kouamé, E. Servat and A. Dezetter, "Modélisation de la relation pluie-débit et estimation des apports en eau en Côte d'Ivoire," *International Association of Hydrological Sciences*, vol. 238, pp. 343- 54, 1995.
- [27] G. T. A. Goula, Modélisation hydrologique de bassins versants équipés d'ouvrage hydraulique en zone soudano-sahélienne : Application au Massili (Burkina Faso), Thèse de Doctorat en hydrologie et hydrogéologie quantitatives, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France, 1993.
- [29] Y. T. Brou, E. Servat and J. E. Paturel, "Activités humaines et variabilité climatique : cas du Sud forestier ivoirien," *International Association of Hydrological Sciences*, vol. 252, pp. 365-373, 1998.
- [30] H. Morot, P. G. Gascuel-Oudoux, C., Walter, X. Zhang and J. Molenat, "Influence du réseau de haies des paysages bocagers sur le cheminement de l'eau de surface," *Revue Sciences de l'Eau*, vol. 12, no. 1, pp. 23-44, 1999.
- [31] B. T. A. Goula, V. J. Kouassi and I. Savané, "Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : Cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire," *Agronomie Africaine*, vol. 18, no. 1, pp. 1 - 11, 2006.
- [32] MEE, "Gestion Intégrée des Ressources en Eau : État des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion", rapport de synthèse, 2001.

Analyse comparative des normes comptables appliquées à la finance participative - Cas de la Mourabaha -

[Comparative analysis of accounting standards applied to participatory finance - Case of Mourabaha -]

Rachid EL OUD¹ and Abderrahim AMEDJAR²

¹Doctorant en Finance, Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales,
Université Hassan 1^{er} de Settat, Settat, Maroc

²Enseignant chercheur à l'Université Hassan 1^{er} SETTAT,
Professeur Habilité – Ecole Supérieure de Technologie de Berrechid,
Université Hassan 1^{er} SETTAT, Settat, Maroc

Copyright © 2016 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: Islamic finance has become a necessity in the banking market and a priority for some countries that have economic relations with states in the Middle East; Morocco, as a Muslim country and an official partner of these countries recently decided to introduce the aspect of Islamic finance in their financial systems. This passage requires adjustment and redeployment at the laws and regulations of the Moroccan banking law, especially: the institutional setting, accreditation and the conditions for exercising this new profession and the book keeping and presentation of financial statements. Faced with the shortage and the scarcity of research on Islamic accounting, this article tries to analyze the choice of accounting standards for this category of financial institutions. For this, the research describes a distinction between the concept of participatory and conventional Moroccan bank, then an analysis of the three accounting standards used by financial institutions and finally an accounting translation of "Murabaha" operation between the PCEC and AAOIFI standards.

KEYWORDS: Accounting, IFRS, PCEC, AAOIFI, analysis, standards, Murabaha.

RÉSUMÉ: La finance islamique est devenue non seulement une nécessité pour le marché bancaire mais aussi une priorité pour certains Etats qui ont des relations économiques avec les pays du Moyen-Orient ; le Maroc comme étant un pays musulman est un partenaire officiel de ces pays ; il a décidé récemment d'introduire l'aspect de la finance participative dans son système financier. Ce passage nécessite un ajustement et un redéploiement au niveau des dispositions législatives et réglementaires de la loi bancaire marocaine, surtout : le cadre institutionnel, l'agrément et les conditions d'exercice de cette nouvelle profession et la tenue comptable et enfin la présentation des états financiers. Face à l'insuffisance et à la rareté des travaux de recherche sur la comptabilité islamique, nous cherchons à travers cet article d'analyser le choix d'un référentiel comptable pour cette catégorie d'institutions financières. Pour cela, la recherche décrit une distinction entre la notion de la banque participative et celle de la banque conventionnelle marocaine, ensuite une analyse entre les trois normes comptables utilisées par les établissements financiers et enfin une traduction comptable de l'opération « Mourabaha » entre les normes PCEC et AAOIFI.

MOTS-CLEFS: Comptabilité, IFRS, PCEC, AAOIFI, analyse, référentiel, mourabaha.

1 INTRODUCTION

Au cours des dernières années, le marché financier international a connu une crise financière la plus grave dans l'histoire des banques ; cette crise est due d'une part au système défaillant d'octroi des crédits hypothécaires qui est marqué par l'insuffisance des liquidités sur le marché bancaire, et d'autre part aux règles et pratiques comptables employées pour couvrir l'insolvabilité des créanciers notamment la constitution des provisions susceptibles de couvrir des titres hypothécaires placés sur les marchés boursiers.

Toutes ces causes ont induit à l'intervention des Etats et les banques centrales pour sauver les institutions financières défaillantes.

Par contre, les banques islamiques ont pu s'échapper à cette crise financière et d'éviter les créances hypothécaires toxiques grâce :

- à l'absence de spéculation des produits dérivés ;
- et à la disponibilité des fonds et des réserves de liquidités.

De ce fait, les banques conventionnelles européennes (UBS, HSBC, Crédit Agricole, BNP Paribas, Citibank) ont créé des branches et/ou des filiales destinées spécialement aux opérations bancaires islamiques, tout en arrivant à atteindre environ 420 institutions financières islamiques dans 75 pays et avec un taux de croissance annuel compris entre 15 à 20% depuis 10 ans¹.

Cette évolution a poussé certaines banques marocaines telles que la « banque populaire » et « attijariwafabank » de lancer des produits alternatifs ou de créer une entité de financement « Dar Safaa » chargée de commercialiser ce genre des produits.

Et avec la demande excessive des produits alternatifs, le gouvernement marocain et la banque centrale du Maroc ont décidé d'accorder la possibilité aux institutions financières locales et étrangères de créer des banques participatives au début de l'année 2015.

En effet, l'introduction de ce genre d'établissement au Maroc nécessite l'application de l'ensemble des dispositions législatives et réglementaires, et le respect de l'éthique à savoir : la chariaa islamique.

Malgré l'ensemble des dispositions mises en place, le cadre comptable destiné aux établissements bancaires participatifs reste jusqu'à maintenant non identifié ou appréhendé.

Pour cela, notre travail a pour objectif de connaître et d'analyser le référentiel comptable qui est susceptible de répondre aux exigences et aux demandes des utilisateurs internes et/ou externes de l'information financière.

Notre problématique vise à répondre à la question suivante : « **quel est le référentiel comptable jugé adapté aux banques participatives marocaines ?** ».

Pour répondre à cette question principale, nous avons essayé tout d'abord de se référer aux travaux de recherches réalisés dans le domaine de la comptabilité islamique ou participative d'où nous avons constaté que la littérature sur le choix et les effets des normes comptables locales et/ou internationales sur les institutions participatives reste jusqu'à maintenant insuffisante.

Ainsi, nous avons constaté auprès de certains auteurs que :

- « *Le référentiel comptable international semblerai donc inadapté aux institutions financières islamiques* » (Rezgui et Menchaoui, 2012)² ;
- « *Les IFRS/IAS rejetées par l'AAOIFI : l'IAS 17 est établie avec des objectifs contraires à ceux de la Chariaa, notamment en ce qui concerne l'actualisations des flux fondée sur l'intérêt qui est totalement interdit par le droit musulman* » (AzzouzElhamma 2015)³ ;

¹ Grant Thornton, *Finance Islamique : Etats des lieux et perspectives*, Novembre 2012, p :3.

² Aldo Levy, Hichem Rezgui, *Application des normes comptables internationales dans les banques islamiques : quel impact sur l'image fidèles de leurs états financiers ?*, 2014, P :4

³ <http://www.giem.info/article/details/ID/716>

- « 24% des répondants marocains qui ont déclaré qu'ils connaissent l'AAOIFI » (Azzouz Elhamma 2015)⁴ ;
- « Toutefois les banques islamiques justifient l'application des normes IAS/IFRS par la convention de la prééminence du fond sur la forme » (Levy et Rezgui, 2012)⁵ ;
- « Les IFRS/IAS constituant une source d'inspiration pour l'AAOIFI : la FAS 10 (l'Istisnaa et l'Istisnaa parallèle) qui est fortement inspirée de l'IAS 11 (Contrats de construction) » (Azzouz Elhamma 2015)⁶.

A partir de ces résultats, nous essayerons:

- d'effectuer une comparaison entre les banques participatives et conventionnelles selon le contexte marocain ;
- de comparer d'une manière générale les trois normes comptables utilisées par les entités financières ;
- et d'analyser selon les normes PCEC et AAOIFI le produit « Mourabaha » qui constitue environ 70% du chiffre d'affaires globales.

2 COMPARAISON ENTRE LA NOTION « BANQUE CONVENTIONNELLE » ET « BANQUE PARTICIPATIVE »

Pour faire la distinction entre la banque islamique et la banque conventionnelle, il est important de se référer à la loi N°103.12 qui définit :

La banque conventionnelle : est une institution créée par des personnes morales en exerçant leur activité au Maroc, quels que soient le territoire de leur siège social, la nationalité des apporteurs de leur capital social, de leur dotation ou celle de leurs dirigeants et ayant l'habilité d'exercer à titre de profession ordinaire, une ou plusieurs des activités suivantes :

- la collecte de fonds du public ;
- les opérations de crédit ;
- la mise à la disposition de la clientèle de tous moyens de paiement, ou leur gestion.

La banque participative : est une institution qui se base dans les activités commerciales sur les principes islamiques dits charia « partage de profit et perte sur un actif tangible, interdiction de l'usure.... ».

Elle est qualifiée comme étant une personne morale ayant la capacité d'exercer à titre de profession habituelle les activités suivantes:

- la collecte de fonds du public ;
- les opérations de crédit ;
- la mise à la disposition de la clientèle de tous moyens de paiement, ou leur gestion ;
- la réception de fonds auprès du public pour le financement des investissements en contre partie d'un revenu conclu avec le client ;
- la commercialisation des produits islamiques à savoir : Mourabaha, Ijara, Moucharaka, Moudaraba, Salam, Isitsna'a.

De ce fait, nous pouvons remarquer que la seule différence existante entre les banques participatives et les banques conventionnelles est la commercialisation des produits financiers islamiques.

3 ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES NORMES COMPTABLES « PCEC », « AAOIFI », ET « IFRS »

Le choix d'un référentiel comptable pour les banques participatives consiste à présenter une image fidèle des états financiers tout en respectant les principes comptables fondamentaux.

L'objectif de ce travail est d'effectuer une analyse sur les trois normes comptables utilisées par les établissements de financement.

⁴<http://www.giem.info/article/details/ID/731>

⁵Aldo Levy, Hichem Rezgui, op.Cit, 2014 ,P :4

⁶<http://www.giem.info/article/details/ID/716>

3.1 LES NORMES COMPTABLES MAROCAINES « PCEC »

Le PCEC est une loi comptable établie par la banque centrale « BAM » et destinée spécialement aux institutions financières. L'objectif de ce référentiel est :

- de mettre en place un cadre juridique et comptable unifié et harmonisé pour le secteur de financement ;
- de donner une image fidèle des transactions financières, de la situation financière, du patrimoine, et des risques assumés par cette catégorie d'institutions.

Les établissements financiers sont tenus de respecter l'ensemble des dispositions générales ou particulières afin de faciliter la production des états financiers conformes à la demande de la banque centrale marocaine « BAM ».

3.2 LES NORMES COMPTABLES ISLAMIQUES « AAOIFI »

Accounting and Auditing Organization for Islamic Financial Institutions (AAOIFI) est une organisation internationale non lucrative créée officiellement le 27 mars 1991 au Bahrein par l'initiative de plusieurs institutions financières islamiques, elle est dotée d'une personnalité morale et une autonomie financière indépendante.

Son objectif est :

- d'améliorer le cadre comptable, d'audit, et toutes activités liées aux établissements financiers islamiques ;
- de concrétiser l'idée de l'existence des normes comptables et d'audit dédiées spécifiquement aux institutions islamiques à travers l'organisation des formations, des séminaires et la publication des rapports périodiques ;
- de préparer, publier et interpréter les normes comptables et d'audits pour la préparation des états financiers islamiques ;
- et de procéder à la révision et à l'amendement des normes comptables et d'audit....

Jusqu'à maintenant l'AAOIFI a publié :

- 26 normes comptables ;
- 5 normes d'audit ;
- 7 normes de gouvernance ;
- 2 codes de déontologie.

3.3 LES NORMES COMPTABLES INTERNATIONALES « IFRS »

La fondation IFRS est une organisation indépendante d'intérêt public, créée en 1973 par l'initiative de Henry Benson associé du bureau Coopers&Lybrand et de neuf pays (Allemagne, Australie, Canada, États-Unis, France, Japon, Mexique, Pays-Bas et Royaume-Uni)⁷, son objectif est de procéder d'une manière régulière à :

- la création des nouvelles normes comptables ;
- la modification des règles comptables ;
- la suppression des normes comptables ;
- l'explication des techniques comptables...

3.4 COMPARAISON ENTRE LES NORMES COMPTABLES

A travers l'analyse d'une série documentaire, nous avons essayé à travers le tableau ci-dessous d'effectuer une vue globale et analytique entre les trois normes comptables exploitées par les institutions financières.

⁷ بكرة بنتومي، آثار تطبيق المعايير المحاسبية الدولية (IAS/IFRS) على العرض والافصاح في القوائم المالية للمصارف الإسلامية - دراسة تطبيقية - مذكرة للحصول على شهادة الماجستير في العلوم التجارية، كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، جامعة فرحات عباس - سطيف 1-الجزائر، 2013/12/29، ص 19

Tableau n°1 : Comparaison entre les normes AAOIFI, PCEC et IFRS

Eléments	AAOIFI	PCEC	IFRS
Intérêts	Normes Islamiques : Interdiction des intérêts	Normes financières basées sur les produits d'intérêts	Normes financières basées sur les produits d'intérêts (actuation du Cash Flow)
La juste valeur	Absence du principe prééminence de la substance sur la forme	Absence du principe prééminence de la substance sur la forme (Immobilisations données en crédit-bail et en location)	Principe prééminence de la substance sur la forme (IAS 17 par exemple)
Principe comptable : Prudence	Absence du principe de prudence	Apparition du principe de prudence (provisions)	Utilisation du principe de prudence (provisions)
Retard de paiement	Pénalité en cas de retard de paiement (mauvaise foi)	Intérêt en cas de retard de paiement	Intérêt en cas de retard de paiement (IAS 18 et IAS 39)
Normes comptables	Normes comptables dédiées spécialement aux institutions financières islamiques	Normes comptables dédiées spécialement aux institutions financières qu'elles sont définies par le dahir portant loi n° 34-03 du 15 Moharrem 1427 (14 février 2006) relatif à l'exercice de l'activité des établissements de crédit et de leur contrôle.	Normes comptables dédiées aux différentes activités (commerciales, industrielles, financières,...)
Obligation comptable	Absence du texte d'obligation	Loi comptable	Obligation comptable
Impôt islamique	Distribution de l'impôt islamique « zakat » Rapport sur « Zakat »	Absence de l'aspect « Zakat »	Absence de l'aspect « Zakat »
Les 3P	Partage de perte et profit	Absence de l'aspect « Partage de perte et profit »	Absence de l'aspect « Partage de perte et profit »
Contrôle des états financiers	Etats financiers contrôlés par le comité de la Shariaa	Etats financiers contrôlés périodiquement par BAM (états financiers semestriels)	
Plan comptable	Absence du plan comptable	Plan comptable (comptes et modèle des états financiers y compris annexes)	Absence du plan comptable
Mise à jour des normes comptables		Normes comptables « Absence de mise à jour »	Normes comptables complexes « mise à jour »
Nombre de publication	Selon le besoin	2 fois par an	Selon le besoin

Source : élaboré par nos soins

4 COMPTABILISATION DES PRODUITS FINANCIERS ISLAMIQUES

La comparaison comptable se limitera sur un seul produit financier reconnu et le plus commercialisé par les banques participatives à savoir : la Mourabaha.

4.1 DÉFINITION DU CONTRAT MOURABAHA

Selon les normes comptables AAOIFI, le contrat Mourabaha est défini comme étant « *une vente avec une marge bénéficiaire prédéfinie. Sa principale caractéristique est que le vendeur doit informer l'acheteur du prix auquel l'actif a été acheté et du profit qu'il envisage de réaliser en le revendant* »⁸.

Selon les normes comptables des établissements de crédit, la Mourabaha est « *un contrat par lequel un établissement de crédit acquiert, à la demande d'un client, un **bien meuble ou immeuble** en vue de le lui revendre à son coût d'acquisition plus une rémunération convenue d'avance* »⁹.

Les parties contractantes sont tenues de connaître d'une manière claire et précise leurs droits et leurs obligations mentionnées dans les clauses notamment :

- le bien faisant objet du contrat "Mourabaha" ;
- le prix d'acquisition ;
- les dépenses et les taxes engagées par la banque pour l'acquisition du bien objet de la Mourabaha et celles incombant au client ;
- le revenu de l'établissement de crédit ;
- le délai du contrat ;
- les modalités de paiement ;
- les garanties apportées par le client ;
- le montant de l'acompte avancé par le client le cas échéant.

Il est à signaler que la banque ne peut en aucun cas procéder à l'augmentation de la rémunération prévue dans le contrat.

4.2 PROCESSUS DE L'OPÉRATION MOURABAHA

Une opération du contrat Mourabaha passe comme suit:

- 1^{ère} phase : Le client identifie le bien qu'il désire acheter et demande à sa banque de procéder à son achat en son nom tout en promettant de le lui racheter par la suite ;
- 2^{ème} phase : La banque participative acquiert le bien auprès du vendeur ;
- 3^{ème} phase : La banque cède le bien à son client à un prix qui correspond au prix d'achat initial plus une marge bénéficiaire conclue tout au long de la durée du contrat ;
- 4^{ème} phase : le remboursement du client du produit Mourabaha s'effectue soit d'une manière échelonnée soit d'une autre manière mentionnée dans l'accord contractuel.

⁸Syed Alwi Mohamed Sultan, *La comptabilité pour les produits financiers islamiques*, édition deboeck, p 35

⁹ Note circulaire de BANK AL MAGHREB n°33/G/2007 relative aux produits Ijara, Moucharaka, Mourabaha, P : 537

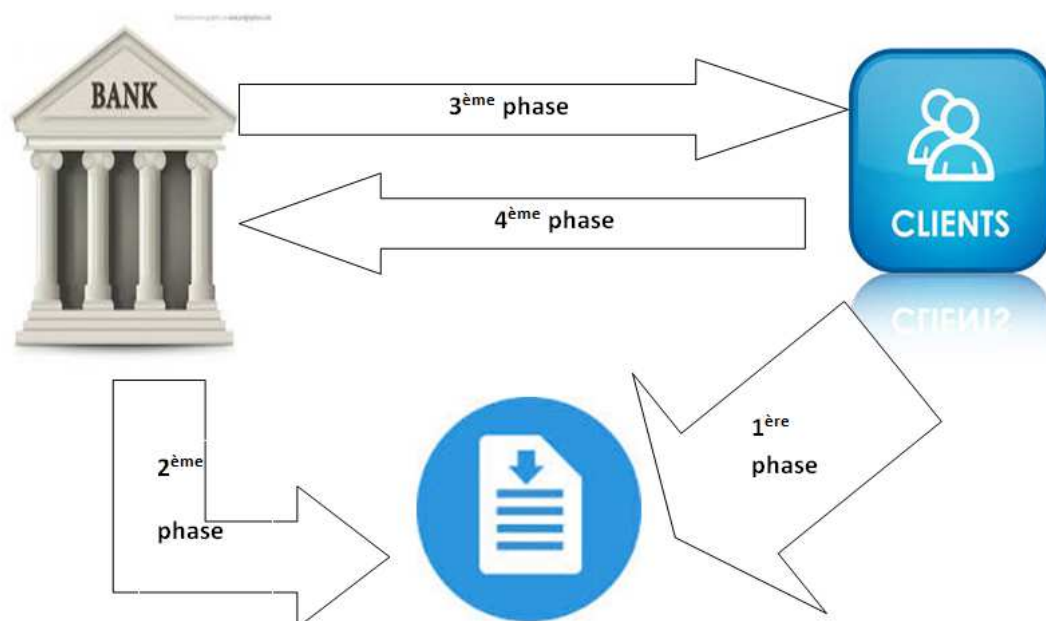


Schéma n°1 : Processus de l'opération « Mourabaha »

Source : élaboré par nos soins

4.3 SCHÉMA COMPTABLE DU PRODUIT MOURABAHA

Le traitement du contrat Mourabaha se diffère selon la nature de l'opération et aussi selon la norme comptable utilisée.

4.3.1 MOURABAHA SELON LE PCEC

Le plan comptable des établissements de crédits prévoit une série des comptes comptables destinés spécialement pour la comptabilisation du contrat Mourabaha à savoir :

4.3.1.1 ENGAGEMENT HORS BILAN

Le compte 8028 est utilisé spécifiquement pour les produits alternatifs « Ijara » et « Mourabaha » et précisément lorsque la banque s'engage vis-à-vis de son client d'acquiescer le bien meuble ou immeuble demandé.

4.3.1.2 ACQUISITION DE L'ACTIF PAR LA BANQUE

L'achat de l'actif est comptabilisé comme suit :

- En débit : le compte 3716 « Bien acquis dans le cadre des opérations de Mourabaha »
- En crédit : le compte 3670 « Fournisseurs de biens et services ».

4.3.1.3 VERSEMENT DE L'AVANCE ET CONCLUSION DU CONTRAT AVEC LE CLIENT :

Dans la plupart des cas, le client verse à la banque une avance pour acquiescer le bien demandé, et ensuite la banque procède à la conclusion du contrat en indiquant la marge bénéficiaire et le délai de remboursement.

De ce fait, le schéma comptable de cette transaction est comme suit :

En ce qui concerne l'avance, il s'agit de :

- débiter le compte 1211 « comptes ordinaires des banques au Maroc »
- et de créditer le compte 3661 « avances et acomptes sur opérations de Mourabaha ».

Pour la conclusion du contrat, il s'agit d'annuler l'avance reçue par la banque et de constater la cession du bien au client ; pour cela le schéma comptable est :

Pour solde des comptes, en débit le compte 3661 « avances et acomptes sur opérations de Mourabaha » et en crédit le compte 3716 « Bien acquis dans le cadre des opérations de Mourabaha ».

Ensuite, on constate la marge bénéficiaire en crédit qui est considérée comme étant un compte de produit « 7531 : rémunérations sur opérations de Mourabaha » et en débit le compte 2750 « créances sur la clientèle - opérations de Mourabaha » qui reflète la créance dû par le client à sa banque.

Il est important que à la fin de chaque exercice comptable, la banque est tenue d'appliquer le principe de séparation de l'exercice et de constater le compte « 3872 : Produits constatés d'avance » de manière échelonnée sur la durée du contrat Mourabaha.

4.3.2 MOURABAHA SELON LES NORMES AAOFI (FAS 2)

En se référant à la définition du Mourabaha selon les normes AAOFI, nous avons constaté que cette opération financière comprend non seulement les actifs immobilisés mais aussi les achats de marchandises (tawarrouq).

4.3.2.1 COMPTABILISATION DES IMMOBILISATIONS

Il existe deux natures d'hypothèses à savoir :

a) 1^{ERE} HYPOTHESE : ACTIF ACQUIS PAR LA BANQUE POUR LA REVENTE

Lorsqu'il s'agit d'un actif acquis pour la revente à son client, le schéma comptable est le suivant :

➤ Achat de l'actif :

En débit : le compte « Charges sur opérations avec la clientèle : bien Mourabaha » et en crédit le compte « fournisseurs des biens et services »

➤ Conclusion du contrat :

En débit : le compte « Créances sur la clientèle - opérations de Mourabaha » et en crédit le compte « Produits sur opérations avec la clientèle ».

➤ Travaux de l'inventaire :

Si la vente des biens acquis en mourabaha n'a pas été conclue à la fin de l'année, il faut mettre le bien en stock.

b) 2^{EME} HYPOTHESE : IMMOBILISATION EXISTANTE DANS LE COMPTE DES ACTIFS

➤ Achat du bien

En débit : le compte « immobilisations corporelles hors exploitation » et les frais engagés pour l'acquisition de l'actif ;

En crédit : le compte « fournisseurs d'immobilisations ».

➤ Conclusion du contrat avec le client :

Pour la sortie d'immobilisation hors exploitation en vue de la revente via l'opération « Mourabaha », l'écriture comptable est comme suit :

En débit le compte « Amortissements des immobilisations corporelles » et le compte « Moins-values de cession sur immobilisations incorporelles et corporelles » ; et en crédit le compte « immobilisations corporelles hors exploitation »

Ensuite on constate l'opération de cession qui est traduite par l'écriture comptable suivante :

En débit le compte « Diverses autres créances sur la clientèle » et en crédit le compte « Plus-values de cession sur immobilisations incorporelles et corporelle »

4.3.2.2 COMPTABILISATION DES MARCHANDISES

L'opération du Mourabaha sur les marchandises est pratiquée en général pour répondre aux besoins de trésorerie d'un client.

Cette opération est comptabilisée comme suit :

➤ Acquisition de la banque des biens

En débit : dans les comptes de charges « Charges sur opérations avec la clientèle »

En crédit : dans le comptes du bilan « fournisseurs du bien et services »

➤ Cession de la banque des biens avec une marge au client

En débit : dans les comptes d'actifs « Diverses autres créances sur la clientèle »

En crédit : dans les comptes de produits « Produits sur opérations avec la clientèle »

5 CONCLUSION

En guise de conclusion, nous avons essayé tout au long de cet article d'analyser selon le contexte marocain la notion de la banque conventionnelle et celle de la banque participative d'où nous avons remarqué que cette dernière peut exercer la fonction de la banque conventionnelle ; ensuite nous avons effectué une analyse comparative entre les différentes normes comptables (AAOIFI, IFRS et PCEC) susceptibles d'être appliquées par cette nouvelle catégorie d'institution financière, enfin nous avons traduit d'une manière comptable un produit reconnu et commercialisé par les banques à savoir la Mourabaha (type d'un crédit immobilier).

Ce travail va permettre aux chercheurs et experts dans la matière d'élargir le champ de la recherche en utilisant des nouveaux tests sur d'autres produits tels que : Ijara, Moucharaka, Moudaraba, ainsi de mesurer la fiabilité des normes comptables par rapport au concept de la banque participative marocaine.

Selon le contexte marocain, nous pouvons dire que le meilleur choix des normes comptables pour les banques participatives est l'instauration d'un nouveau référentiel comptable qui consiste de respecter les principes et les règles de la Chariâa tout en s'inspirant des expériences de certains pays (L'Australie, L'Indonésie, Le Pakistan, L'Arabie Saoudite, L'Afrique du Sud) qui ont élaboré des lois et des instructions à partir des normes AAOIFI et IFRS.

En effet, le choix d'un seul référentiel comptable destiné spécifiquement aux établissements islamiques permettra aux utilisateurs des informations financières de :

- procéder à une meilleure comparabilité des états financiers à travers la mesure des indicateurs financiers entre les concurrents ;
- comprendre le contenu des états financiers ;
- trouver les meilleurs partenaires étrangers.

Aussi la mise en place d'un référentiel comptable nécessitera :

- une qualification accrue au niveau du personnel comptable ;
- un budget élevé pour l'élaboration, l'assistance et l'audit des états financiers islamiques ;
- une mobilité au niveau de l'organe de normalisateur.

Nous pouvons retenir à travers cette analyse que le choix et la mise en place d'un référentiel comptable nécessite une compréhension minutieuse et approfondie de la structure des opérations financières islamiques sur le plan juridique, économique et financier.

LISTE DES ABRÉVIATIONS:

AAOIFI :	Accounting and Auditing Organization for Islamic Financial Institutions
BAM :	BANK AL-MAGHRIB
BNP Paribas :	Banque Nationale de Paris Paribas
FAS 2:	Murabaha and Murabaha to the Purchase Orderer
FAS 10:	Istisna'a and Parallel Istisna'a
HSBC:	Hong Kong & Shanghai Banking Corporation
IAS:	International Accounting Standards
IAS 11 :	Contrats de construction
IAS 17 :	Contrats de location
IAS 18 :	Produits des activités ordinaires
IAS 39 :	Instruments financiers -comptabilisation et évaluation-
IFRS:	International Financial Reporting Standards
PCEC :	Plan Comptable des Etablissements de Crédit
UBS :	Union de Banques Suisses

REFERENCES

- [1] GUERANGER François, « Finance Islamique : Une illustration de la finance éthique », édition Dunod, 2009.
- [2] OBERT Robert, « le petit IFRS 2009/2010 », édition Dunod, 2009.
- [3] SYED ALWI Mohamed Sultan, « la comptabilité pour les produits financiers islamique », édition deboeck
- [4] BENNANI Salima, « Adaptation du plan comptable des établissements de crédit et application des normes IFRS aux particularités de la finance islamique », mémoire présenté pour l'obtention du diplôme national d'expert-comptable, ISCAE
- [5] CHERIF Karim, « La finance islamique : Analyse des produits financiers islamiques », Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES
- [6] بنتومي بدر، « آثار تطبيق المعايير المحاسبية الدولية (IAS/IFRS) على العرض والافصاح في القوائم المالية للمصارف الإسلامية — دراسة تطبيقية »، مذكرة للحصول على شهادة الماجستير في العلوم التجارية، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس سطيف 1-الجزائر، 2013/12/29
- [7] EL MEZOUARI Said, Mohamed LOTFI et Youness BOUTHIR, « La Finance Islamique au Maroc entre réticence de la demande et perspectives de développement », Dossiers de Recherches en Economie et Gestion, Dossier Spécial, Juin 2013
- [8] ELHAMMA A., « La comptabilité des produits financiers islamiques : Normes AAOIFI vs. IFRS », Revue de Management et de Stratégie, 2015
- [9] Grant Thornton « Finance Islamique : Etats des lieux et perspectives », 2 Novembre 2012
- [10] HERBERT Smith LLP, « Guide de la finance islamique » 2009
- [11] LEVY Aldo, Hichem REZGUI, « Application des normes comptables internationales dans les banques islamiques : quel impact sur l'image fidèle de leurs états financiers ? », 2014
- [12] TAHIRI JOUTI Ahmed, « Les dispositifs de standardisation des pratiques financières islamiques », les cahiers de l'islam : revue d'étude sur l'islam et le monde musulman, Samedi 21 Décembre 2013
- [13] Dahir n°1-14-193 du 1^{er} rabii I 1436 (24 décembre 2014) portant promulgation de la loi 103.12 relative aux établissements de crédit et organismes assimilés
- [14] Note circulaire de Bank Al Maghreb n°33/G/2007 relative aux produits Ijara, Moucharaka, Mourabaha.
- [15] Plan comptable des établissements de crédit, Bank Al-Maghrib.
- [16] <http://tousnosprojets.bpifrance.fr/Presentation/Finance-Participative>
- [17] <http://www.aaofii.com/ar/about-aaofii/about-aaofii.html>
- [18] <http://www.bkam.ma/wps/wcm/connect/resources/file/eb744740e503015/Recueil%20des%20textes%20lgi%20et%20rgl%20de%20BAM%20V02-05-12.pdf?MOD=AJPERES>
- [19] <http://www.giem.info/article/details/ID/716>
- [20] <http://www.giem.info/article/details/ID/731>
- [21] https://ribh.files.wordpress.com/2009/11/guide_finance_islamique_fr_240909.pdf
- [22] IslamicBanker.com, "AAOIFI vs IFRS: Accounting for Islamic Finance Industry Guides", December 2014.

Etude de l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des conceptions des élèves du secondaire qualifiant relatives au concept de respiration

[Study of the impact of the teaching of cellular respiration on the evolution of conceptions of high school students relatively to the respiration concept]

NOUR EDDINE ZGHIDA, ZOUHAIRE LAMRANI, MOURAD MADRANE, and RACHID JANATI-IDRISSI

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique,
Ecole Normale Supérieure – Tétouan,
Université Abdelmalek ESSAADI, Tétouan, Maroc

Copyright © 2016 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 identify the Moroccan's students conceptions of high school scientific option on the concept of respiration. The analysis was made from a questionnaire provided to students before and after the teaching of cellular respiration. First, it was found that the impact of the teaching of cellular respiration on the evolution of representations of students is limited relatively to the respiration concept. Moreover, the physicochemical concepts of respiration represent obstacles that may hamper the teaching-learning process. Our study shows that students' conceptions concerning the concept of respiration, result from their first experiences, consolidated by the culture of the country, or by the type of education provided. The development of teaching-learning situations, according to a constructivist model, allows to use these conceptions for construction of scientific knowledge.

KEYWORDS: designs, obstacles, evolution, breathing, constructivism.

RESUME: Cette étude vise à identifier les conceptions des élèves marocains du lycée option scientifique concernant le concept de la respiration. L'analyse a été faite à partir de questionnaires proposés aux élèves avant et après l'enseignement de la respiration cellulaire. D'une part, on a constaté que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des représentations des élèves est limité relativement au concept de respiration. D'autre part, les concepts physicochimiques de la respiration représentent des obstacles qui peuvent entraver le processus enseignement-apprentissage.

Notre étude montre que les conceptions des élèves, concernant le concept de respiration, provenant soit de leurs expériences premières, consolidées par la culture de la société, soit par le type d'enseignement dispensé. L'élaboration des situations d'enseignement-apprentissage, selon un modèle constructiviste, permet d'exploiter ces conceptions pour une construction du savoir scientifique.

MOTS-CLEFS: conceptions, obstacles, évolution, respiration, constructivisme.

1 INTRODUCTION

Lorsque les élèves arrivent à l'école, ils ne sont pas des pages blanches, mais au contraire les élèves viennent en classe avec un déjà là conceptuel qui peut entraver l'apprentissage, et constitue de ce fait un véritable obstacle à l'acquisition du savoir scientifique [1]. L'élève n'est jamais neutre par rapport aux situations éducatives auxquelles il est confronté à l'école.

L'enseignant doit donc être vigilant au fait que l'apprentissage visé suppose, pour l'élève, de modifier en partie la vision du monde qu'il s'est donnée [2]. Il est donc indispensable, dans toutes les situations d'enseignement proposées, de veiller à articuler les nouvelles connaissances au savoir préexistant "représentations ou conceptions" chez les élèves pour l'ensemble des stratégies de construction du savoir (enseignement, vulgarisation etc.). Si l'on veut atteindre un minimum d'efficacité, le premier travail doit nécessairement consister à connaître et à analyser les conceptions des apprenants [3].

2 PROBLÉMATIQUE

En 1999, Le Maroc a adopté la nouvelle réforme « la charte nationale d'éducation et de la formation » afin d'améliorer notre enseignement qui ne donne pas les résultats attendus. Malgré les efforts déployés et en dépit des avancées constatées dans beaucoup de domaines, il reste encore du chemin à parcourir car le rendement didactique est très faible, voire parfois nul [4]. Un certain nombre d'erreurs, des raisonnements ou d'idées "erronées" reviennent avec une reproductibilité déconcertante chez les élèves, même après plusieurs séquences successives d'enseignement. Pourtant, quand on observe la classe, l'ensemble du cours semble « cohérent et logique » et les leçons sont globalement apprises. Comment interpréter cela ?

Les situations d'apprentissage sont toujours circonscrites entre les trois pôles constitutifs du triangle didactique: apprenants, enseignants et le savoir. Les difficultés qui empêchent la finalisation du processus d'enseignement/apprentissage s'expliquent généralement par l'interaction entre ces trois pôles. Il est ici impensable d'expliquer un processus didactique en se référant à un seul pôle du triangle didactique. L'erreur d'un élève, par exemple, s'explique, dans cette perspective, par l'interaction entre sa conduite, celle de l'enseignant et la nature de la connaissance scientifique. Il en est de même pour ses difficultés d'apprentissage [3].

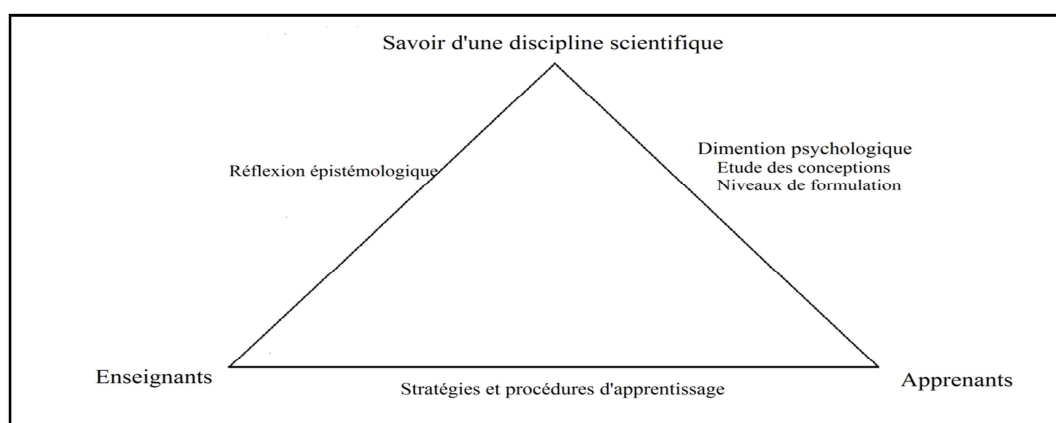


Figure 1 : Triangle didactique

L'idée de conceptions des élèves se positionne bien évidemment sur l'axe du triangle didactique, relatif à la relation Apprenants / Savoir. De là, elle entre parfaitement en interaction avec les deux autres axes :

- ✓ Avec l'axe "Enseignants / Savoir" : les conceptions, et surtout les obstacles qu'elles permettent d'identifier, appellent à interroger l'épistémologie de la matière dans sa relation aux aspects cognitifs des apprenants. En retour, les conceptions pourraient bien participer à l'élaboration des savoirs scolaires et à leur transposition didactique ;
- ✓ Avec l'axe "Enseignants / Apprenants" : la prise en compte des conceptions permet l'élaboration de la stratégie didactique qui pourrait garantir l'apprentissage.

D'après des entretiens réalisés avec des professeurs des sciences de la vie et de la terre et d'après mon expérience professionnelle autant que professeur de cette discipline, on a constaté que les concepts scientifiques étudiés (concept de respiration pris comme exemple) dans le programme scolaire marocain sont, dans la plus part des cas, de formulations et de formes complexes, et dont le parcours de construction était marqué par des obstacles épistémologiques. En vérité, les documents (cours, photos ou schémas, etc.) que l'enseignant présente aux élèves peuvent constituer des obstacles à la compréhension des phénomènes biologiques et ne permettent pas, souvent, aux élèves de développer des représentations correctes. En plus, une telle pratique ne favorise évidemment pas la motivation des élèves, qui se montrent peu intéressés par les matières scientifiques en général. Il en résulte une conceptualisation difficile et erronée, laquelle peut conduire à des

difficultés scolaires durables. Des représentations erronées peuvent, ainsi, persister dans le cursus d'enseignement comme dans la future vie des élèves.

Si on admet, comme l'ont proposé [2], qu'apprendre revient à faire évoluer les conceptions, alors il est important pour l'enseignant de s'appuyer sur les conceptions initiales des élèves. Elles constituent un point de départ pour l'apprentissage scolaire et elles vont orienter la façon d'interpréter le travail des élèves pour un meilleur encadrement et pilotage vers des apprentissages sensés et durables. Cependant, les enseignants ne prennent pas, souvent, en compte les représentations des élèves car ils n'ont pas conscience de l'existence de ces représentations chez leurs élèves. L'élève s'étant constitué un ensemble de représentations et les tenants pour vraies. Ces représentations s'avèrent extrêmement résistantes à l'enseignement et constitue un blocage pour construire un nouveau savoir et peuvent persister chez les étudiants, chez les adultes ou chez le citoyen [1]. Il est donc nécessaire que l'apprenant modifie ses représentations pour adopter de nouvelles conceptions scientifiques scolaires. Un perspectif constructiviste de l'apprentissage suppose, comme le soulignent [5], que les connaissances antérieures de l'apprenant jouent un rôle déterminant dans l'appropriation du savoir. La théorie du « changement conceptuel » propose de faire passer une conception d'un état primitif à un état plus évolué et plus abstrait [6]. Cette transformation ou changement conceptuel, pour [7], consiste au passage d'un savoir fragmenté à un savoir structuré et pour [8] ce changement consiste en une assimilation du nouveau savoir aux structures existantes.

3 MÉTHODOLOGIE

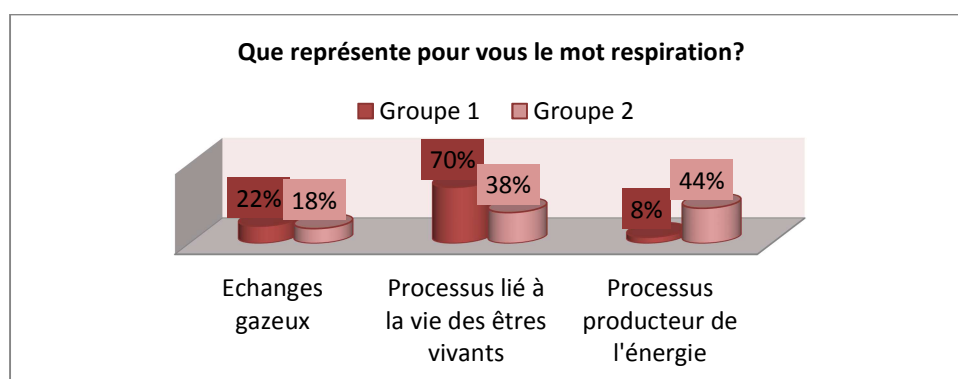
a - Instrument

Afin d'appréhender et d'analyser les représentations des élèves concernant le concept de la respiration, nous avons utilisé des techniques pour recueillir des données pour entamer une étape d'analyse et d'interprétation. La méthodologie adoptée s'appuie sur la technique du questionnaire. Le choix de cette technique nous paraît judicieux par rapport aux objectifs assignés à cette recherche, et permettrait de répondre, au moins partiellement, aux questions développées dans ce travail. Le questionnaire comporte cinq questions distinctes posées dans les programmes des cycles d'enseignement primaire, secondaire collégial et secondaire qualifiant afin de recueillir les représentations des élèves relatives au concept de respiration.

b- Groupes à l'étude

Notre étude a visé un groupe d'élèves de lycée de l'académie de Tanger-Tétouan et plus précisément sur ceux du tronc commun scientifique (groupe1) et de la deuxième année du baccalauréat option sciences de la vie et de la terre (groupe2). Notre échantillon était constitué d'un groupe de 130 élèves ; 65 d'entre eux appartiennent au groupe1 n'ayant pas suivi le cours de la respiration cellulaire, et 65 appartenant au groupe 2 qui ont étudié la respiration dans un cadre scolaire sous les différents aspects (mécanique, cellulaire et énergétique).

4 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS



Graphe 1 : Résultats obtenus relatifs à la définition de la respiration

Pour cette question qui avait comme objectif de donner une définition à la respiration nous avons pu distinguer les catégories de réponses suivantes selon les deux niveaux scolaires :

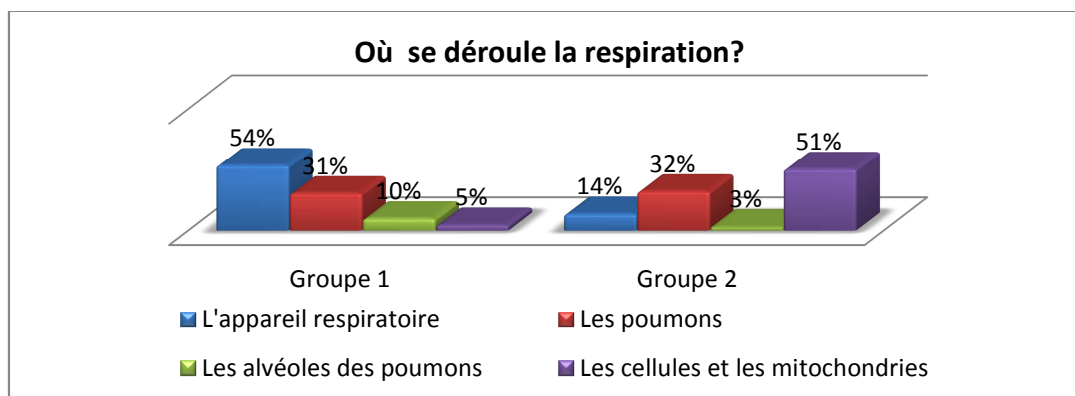
Groupe 1 : On remarque que 22 % des élèves du groupe 1 qui ont défini la respiration comme étant des échanges gazeux, autrement dit, ils se sont limités à l'aspect mécanique de ce processus. Ceci était, peut être, dû à l'obstacle de la connaissance première chez ces élèves. Cet obstacle gêne l'acquisition de nouvelles connaissances sur ce concept, et d'autant plus, il rend l'esprit de l'élève très sclérosé (qui n'évolue pas).

Il y a 70 % des élèves du groupe 1 ont lié la respiration à la vie, un effectif plus important, et malgré des séquences d'enseignement/apprentissage, ces élèves n'ont pas pu donner une définition précise à la respiration et ils la voient comme un processus vital, cette idée est vraisemblablement venue de la connaissance commune (s'il y a un dysfonctionnement de la respiration, la vie semble s'arrêter). Donc, ces élèves qui disent que la respiration est nécessaire pour la vie mais sans dire comment, utilisent probablement le terme vie sans le comprendre pour expliquer plusieurs phénomènes biologiques (obstacle unitaire et verbal).

Seulement 8 % ont mentionné que la respiration est un processus producteur de l'énergie bien qu'il n'y a pas d'une mise en évidence d'une relation respiration/énergie dans le programme du collège. En fait, ils ont anticipé ce qu'ils auront au lycée, ceci peut être expliqué par le fait que ces élèves font des efforts, soit via les médias ou soit via la lecture des livres, ou bien ils ont coché cette réponse au hasard.

Groupe 2 : D'après le graphe, on remarque que seulement 44 % des élèves ont répondu que la respiration était un processus producteur d'énergie, malgré des séquences d'enseignement - apprentissage traitant l'aspect cytologique et biochimique de la respiration pour synthétiser de l'énergie. Par contre, 56 % voient la respiration telle que des échanges gazeux ou un processus lié à la vie des êtres vivants. Donc, chez ces élèves ne fonctionnent que les représentations de la première connaissance ou de la connaissance commune, alors que les connaissances qu'ils ont apprises à la deuxième année du baccalauréat sont restées étrangères et ils ne pouvaient pas les accommoder avec ce qu'ils ont acquis auparavant (Jean Piaget).

Les représentations des deux niveaux scolaires sont différentes concernant la définition du mot respiration. En fait, la majorité des élèves du groupe 1 sont liés la respiration à la vie (Ils nous rappelaient en quelque sorte le souffle vital des savants des derniers siècles). Or, les élèves du groupe 2 qui ont appris l'aspect énergétique de la respiration, ont plus ou moins des représentations correctes à propos de la définition du mot « respiration ». On peut dire que cette notion reste malgré tout peu maîtrisée par l'ensemble des élèves.



Graphe 2 : Résultats obtenus relatifs à la localisation de la respiration

Les représentations des élèves concernant la localisation des phénomènes respiratoires sont liées pour une bonne part à leurs conceptions sur la fonction de la respiration.

N.B : Plusieurs élèves déterminent plus qu'un lieu de respiration (les savants anciens ont confronté le même obstacle).

Groupe 1 : La lecture du graphe montre que 54 % des élèves voient que la respiration s'effectue au niveau de l'appareil respiratoire bien qu'ils ont vu au collège que la respiration s'effectue au niveau du poumons et plus précisément dans les alvéoles pulmonaires. Il est probable que les réponses de ces élèves étaient dues à l'utilisation de la connaissance première enseignée en troisième année du primaire, là où l'enseignement est centré sur la structure de l'appareil respiratoire et les aspects externes (expiration et inspiration) de la respiration. Cette connaissance première reste gravée dans leur structure cognitive et l'empêche d'évoluer.

La deuxième catégorie de réponses était de 31 % des élèves qui ont précisé le rôle des poumons dans la respiration. Donc, nous pouvons dire que beaucoup de réponses sont justes au moins par rapport au niveau de formulation de ce concept dans le livre de la troisième année du collège.

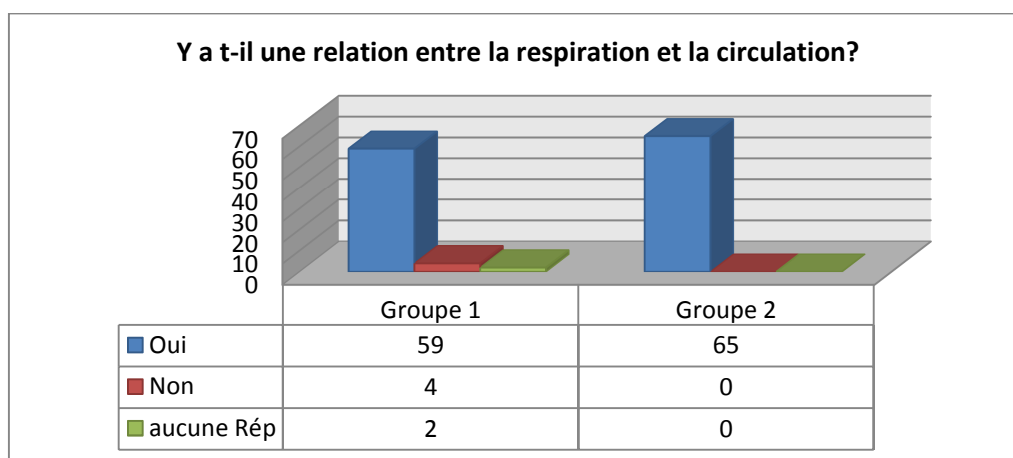
D'après le graphe, on remarque que 10 % des élèves qui sont allés plus profondément en indiquant que cette fonction vitale s'effectue au niveau des alvéoles des poumons, bien que les échanges gazeux respiratoires au niveau des alvéoles ne sont évoqués que secondairement dans la troisième année du collège. Ceci peut être expliqué par une grande curiosité que possède ces élèves qui veulent comprendre plus de détails sur ce concept biologique.

Il y a 5 % des élèves ont répondu que la respiration se déroule au niveau des cellules et des mitochondries. Ce niveau de formulation du concept de respiration ne correspond pas à leur niveau scolaire. Donc, Peut être, ces élèves sont anticipé le programme scolaire des années prochaines ou ils ont répondu au hasard.

Groupe 2 : La moitié des élèves (51 %) ont répondu que la respiration s'effectue au niveau des cellules et des mitochondries. Nous pouvons dire que les élèves du groupe 2 ont pu de mieux cerner la localisation de la respiration, on sait que ces élèves ont appris cette année la respiration cellulaire.

Les résultats obtenus concernant la localisation de la respiration au niveau de l'appareil respiratoire et au niveau des poumons était de 46 %. Ceci montre que ces élèves ont trouvés des difficultés à assimiler l'aspect moléculaire des phénomènes biologiques, alors qu'ils apprennent facilement tout ce qui est concret et perceptible, puisque on leur explique bien ce concept dans le primaire et le collège avec des images et des schémas qui expriment les différents aspects visibles de la respiration à savoir : l'expiration ,l'inspiration, la structure de l'appareil respiratoire, variation du volume de la cage thoracique et variation de l'intensité respiratoire au cours d'une activité physique.

Cependant, les élèves du groupe 2 ont pu de mieux cerner la localisation de la respiration par rapport au groupe 1. Autrement dit, on voit qu'il y a une évolution des représentations des élèves du groupe 2 concernant les lieux de la respiration.



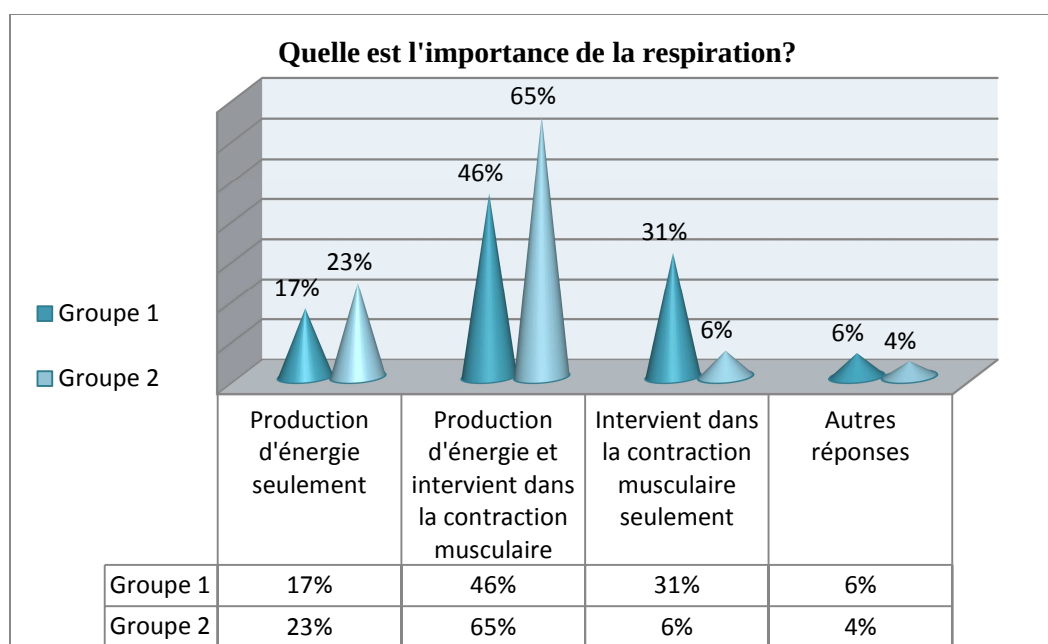
Graphe 3 : Les résultats obtenus relatifs à la relation respiration/circulation

Groupe 1 : Le graphe ci-dessus montre que 59 élèves parmi 65 ont répondu correctement à la question. Mais ceci ne veut pas dire automatiquement qu'ils ont compris la question peut être que la réponse de certains d'entre eux a été choisi au hasard. Il se peut aussi que certains de ces élèves ne comprennent pas le comment de cette relation, leurs réponses semblent être justifiées par l'existence de plusieurs termes dans le programme du collège qui prouvent que ces deux concepts sont liés, comme exemple de ces termes, nous pouvons citer : sang riche en O₂, sang riche en CO₂.

Seuls quelques élèves du groupe 1 possèdent des conceptions fausses à propos de la relation respiration/circulation ou ils n'ont pas répondu à la question. Peut être, ils n'ont pas compris la question ou ils ont oublié la relation respiration/circulation.

Groupe 2 : On remarque que 100% des élèves avaient une réponse juste. Nous pouvons dire qu'ils ont bien compris cette question. En plus, il est probable que quelques élèves ont répondu au hasard.

Cette question fermée était la plus simple dans le questionnaire, puisque presque tous les élèves y sont arrivés à répondre, à priori, nous pouvons dire que la liaison respiration- circulation ne posait pas problème aux élèves des deux groupes.

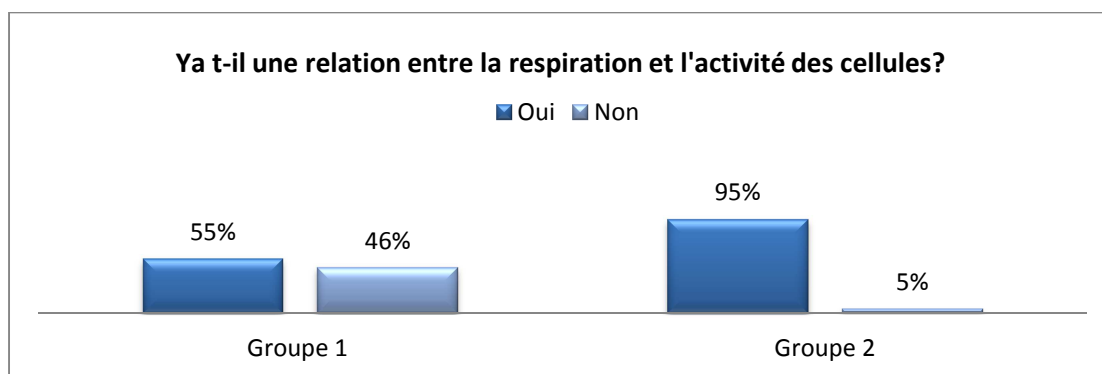


Graph 4 : Les résultats obtenus relatifs à l'importance de la respiration

Concernant cette question qui avait comme but de recueillir les représentations des élèves à propos du rôle de la respiration, nous avons obtenu les réponses suivantes selon les deux groupes.

Groupe 1 : Un effectif de 46 % des élèves ont mentionné que la respiration assure à la fois la production de l'énergie et intervient dans la contraction musculaire. On remarque aussi que 17 % des élèves ont attribué à la respiration un rôle limité à la production d'énergie (production d'énergie seulement). Le graphe montre que 31 % des élèves pensent que la respiration intervient dans la contraction musculaire seulement. Quand nous avons demandé aux élèves de proposer d'autres rôles de la respiration, nous avons constaté que la plus part d'entre ceux qui ont répondu, réaffirment les rôles cités précédemment en insistant sur la survie et l'activation de la circulation sanguine, un nombre restreint d'élèves qui soulevait la production d'énergie.

Groupe 2 : Un effectif des élèves questionnés de 23 % qui pour eux la respiration sert seulement à la production d'énergie. La deuxième catégorie comprend un effectif de 65 % qui ont répondu à la question en disant que la respiration sert à la production d'énergie et intervient dans la contraction musculaire. Seulement 6 % des élèves, ont attribué à la respiration un rôle limité à la contraction musculaire. Comme pour le groupe 1, lorsque nous avons demandé aux élèves de suggérer d'autres rôles de la respiration, nous avons constaté qu'ils mobilisent constamment leurs représentations initiales qu'ils n'ont pas pu oublier (activation de la circulation sanguine, survie de tous les êtres vivants). Un élève croit que la respiration permet de surmonter le trac, chose qui ne peut avoir comme origine que de notre culture, du fait qu'en cas de stress, de trac, de dépression, on a l'habitude de conseiller les gens de respirer doucement pour se soulager.



Graphe 5 : Les résultats obtenus relatifs à la relation entre la respiration et l'activité des cellules

Groupe 1 : Plus que la moitié des élèves ont répondu correctement malgré que la question dépasse le niveau de formulation de la respiration dans leur niveau scolaire. Il y a 46 % des élèves ont eu une réponse fausse. En fait, ils n'ont pas appris l'aspect cytologique de la respiration.

Groupe 2 : Les graphes montrent que presque tous les élèves (95%) ont eu une réponse juste. Ce pourcentage apparaît normal, puisque ces élèves ont étudié la respiration cellulaire. Par contre, seulement 5 % des élèves ont eu une réponse fausse bien qu'ils ont vu l'aspect cytologique de la respiration.

5 DISCUSSIONS

En général, les résultats de cette étude et l'analyse réalisée laisse transparaître l'idée que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire est limité en se basant sur l'évolution des représentations des élèves du groupe 2 relatives au concept de respiration. En effet, seulement 42 % des cas des répondants manifestent une évolution des représentations du groupe 2 par rapport à celles du groupe 1. À la lumière d'une analyse des résultats, nous pouvons déduire que plusieurs conceptions manifestées par des répondants, relatives au concept de respiration, ne présentent pas de différences fondamentales entre le groupe 1 et le groupe 2. La complexité du concept de respiration à la 2^{ème} année du baccalauréat option science de la vie et de la terre est plus marquée grâce aux difficultés liées aux concepts physico-chimiques (énergie ; électron ; gradient ; etc.) Utilisés pour expliquer le mécanisme biologique de la respiration cellulaire [9].

Les conceptions des élèves chez les deux groupes dues principalement à un enseignement nommé « cloisonné » dans la mesure où elle ne permet pas aux élèves d'avoir une vision globale synthétique des phénomènes biologiques (respiration, régulation, circulation, etc.) [9]. En conséquence, l'élève ne peut jamais dégager le sens physiologique de ce concept. En fait, cette approche fragmentaire adoptée par notre enseignement peut véhiculer aux élèves des représentations spontanées, qui peuvent être soit erronées, soit incomplètes et qui risqueront d'être ancrées dans la structure cognitive de l'élève, et constituent de ce fait autant d'obstacles qui entravent le processus d'apprentissage. Ainsi, toute activité éducative visant une mise en évolution des conceptions des élèves implique au préalable un déploiement d'activités éducatives permettant une déconstruction des conceptions préalables des apprenants. Dans cette perspective, la tâche de l'enseignant ne sera ni facile ni évidente et impliquerait la mobilisation de compétences disciplinaires, didactiques et pédagogiques. Il n'en demeure pas moins que ces compétences ne sont pas toujours présentes chez l'enseignant. En conséquence, ce constat renvoie à la problématique de la qualité de la formation à l'enseignement et aux compétences des formateurs dans les centres de formation des enseignants.

Afin de dépasser ces obstacles d'apprentissage, d'abord, les responsables d'élaboration du programme des sciences de la vie et de la terre doivent proposer des nouvelles mises en relation du concept de la respiration avec la circulation, la régulation, etc. . Ensuite, ce concept doit avoir une logique interne et externe par rapport aux autres leçons afin de construire chez l'apprenant des concepts scientifiques ayant de sens dans sa vie. L'enseignant de ce carrefour concept doit avoir une formation à la biologie, la chimie et même la physique pour mieux enseigner les concepts physico-chimiques, les échanges gazeux respiratoires et le mécanisme de la mécanique ventilatoire.

Un nombre important de travaux didactiques permettent de conclure que les activités didactiques menées, dans le cadre de l'enseignement de certains concepts, auraient une portée limitée, en regard de compétences conceptuelles et

méthodologiques fixées [10]. Ceci est d'autant plus vrai pour des concepts jugés difficiles et complexes par des praticiens (enseignants) et des chercheurs (didacticiens). Dans ce sens, nous pouvons évoquer le concept de respiration.

En général, si on veut atteindre des résultats positifs dans l'enseignement du concept de respiration, cela exige :

- ✓ La nécessité de diversifier les exemples pour montrer l'importance de la fonction de respiration
- ✓ La nécessité de proposer des activités et des exercices qui permettent de mieux comprendre le concept de respiration
- ✓ La nécessité de donner des cas pathologiques liés au dysfonctionnement de la fonction de la respiration afin de sensibiliser les apprenants aux dangers de la pollution de l'air et de l'environnement
- ✓ Engager des recherches didactiques pour proposer de nouvelles structurations du contenu relatif au concept de respiration en procédant à de nouvelles manières de mener la transposition didactique
- ✓ Proposer des contenus scolaires fondés sur des analyses préalables de l'histoire de la construction du concept de respiration
- ✓ Réaliser des formations continues aux enseignants des sciences de la vie et de la terre afin d'améliorer leurs compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques

6 CONCLUSION

Notre travail sur les représentations des élèves, permet de démontrer que ces élèves ayant des représentations préalables relatives au concept de respiration. On a repéré dans les dissertations des élèves, que beaucoup d'entre eux sont embêtés par des représentations provenant soit de leurs expériences premières, consolidées par la culture de la société, soit par le type d'enseignement dispensé. Donc, nous pouvons dire que la plus part des élèves interrogés n'ont pas bien appris la respiration, ceci est prouvé par l'oubli excessif et la perte du sens scientifique de ce « carrefour » concept biologique.

Notre étude montre que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des représentations des élèves est limité relativement au concept de respiration et les concepts physicochimiques de la respiration représentent des obstacles qui peuvent entraver le processus enseignement-apprentissage.

Nous signalons qu'il y a des limites de la notion de représentations dans une perspective scolaire qui sont :

- ✓ Difficultés pour cerner les représentations des élèves ;
- ✓ Difficultés à l'exploitation didactique des représentations des élèves ;
- ✓ Contraintes temporelles, surtout pour le secondaire où le volume horaire destiné au programme des sciences de la vie et de la terre est limité ;
- ✓ Exigence des compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques de l'enseignant pour tenir en compte les représentations des élèves pour enseigner les sciences de la vie et de la terre.

REFERENCES

- [1] A.GIORDAN & G.DE VECCHI (1987). Les origines du savoir. Neuchâtel-Paris, Delachaux & Niestlé.
- [2] Astolfi Jean-Pierre, Develay Michel. (1989). La didactique des sciences, P.U.F.
- [3] A. Giordan et J.L. Martinand (éd), Communication, Education, culture scientifiques et industrielles, Actes JIES 10, A. Giordan & J.-L. Martinand, 1988
- [4] Rapport du conseil supérieur de l'enseignement, Royaume du Maroc, 2008
- [5] DUIT R. & PFUNDT H. (1999). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. Kiel : IPN.
- [6] JOSHUA S. & DUPIN J.-J. (1999). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris : Presses universitaires de France.
- [7] DI SESSA A. A. (2002). Why conceptual ecology is a good idea. In M. Limon & L. Mason (éd.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*, p. 29-60.
- [8] VOSNIADOU S. (2002). On the Nature of Naïve Physics. In M. Limon and L. Mason (éd), *Reconsidering the Processes of Conceptual Change issues in theory and practice*, Springer, p. 61-76.
- [9] Madrane Mourad et al. (2006). Obstacles liés à une approche physico-chimique : cas des phénomènes énergétiques des plantes vertes. Bulletin n° 1-2006, Bulletin de l'APBG Association des professeurs de biologie et de géologie (France). Pages (111-121)
- [10] Gérard de Vecchi, Nicole Carmona-Magnaldi. (1996), Faire construire des savoirs, Hachette éducation.

Variabilité pluviométrique et impact sur le bilan hydrique des sols sous culture d'ananas au Sud-Bénin

[Rainfall variability and impact on the water balance of soils under pineapple cultivation in the southeast Benin]

V. M. C. Houssou¹, B. M. Hounsou¹, C.S. Ulrich. Y. Allé¹, S. C. Houssou², and K. E. Agbossou¹

¹Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA),
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Benin

²Laboratoire Pierre Pagney, Climat, Eau, Ecosystème et Développement de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines
(FLASH), Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Benin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article examines the water deficit s which pineapple is subject in the production area in Benin. Specifically it characterizes the variability of rainfall and that of the water from 1951 to 2010 on the soils of the Plateau of Allada under pineapple cultivation. This feature is based on the reduced centered abnormalities. We detect ruptures by the test Pettitt. The formula of Hillel allowed the estimation of the water balance, and that of the Hazen the frequency overtake various levels of water deficits. The results show that globally since 1980, seasons start with 5 to 25 days late and get shorter from 20 to 35 days. In addition, atmospheric forcing has more affected the components of accumulated rainfall than the same combination. This result in a regression of the average annual total (4% at Niaouli and 8% at Ouidah) and the deficit of the water balance even though the average rainfall exceeds that of the water needs of pineapple. Nevertheless, the quality of the short rainy season is improving and the water deficits of this season have a downward trend unlike the big one. The year's most deficient months are December, January and February. Those of May June and July are the least onerous months. The months of March and April seem to be the best for the reject installation. However, cultures being multiannual, other points remain to be elucidated to ensure optimal water supply.

KEYWORDS: Rainfall, variability, pineapple, water deficit.

RESUME: Le présent article examine les déficits hydriques aux quels l'ananas est soumis dans sa zone de production au Bénin. De façon spécifique, il caractérise la variabilité de la pluviométrie et celle du déficit hydrique de 1951 à 2010 sur les sols du Plateau d'Allada sous culture d'ananas. Cette caractérisation est basée sur les anomalies centrées réduites. Les ruptures sont détectées par le test de Pettitt. La formule de Hillel a permis l'estimation du bilan hydrique et celle de Hazen, la fréquence au dépassement de divers seuils de déficits hydriques. Les résultats prouvent que globalement, depuis 1980, les saisons démarrent avec 5 à 25 jours de retard et se raccourcissent de 20 à 35 jours. En outre, les forçages atmosphériques ont plus affecté les composantes du cumul pluviométrique que le cumul lui-même. Il en résulte une régression de la moyenne du cumul annuel (4% à Niaouli et 8% à Ouidah) et un bilan hydrique moyen déficitaire bien que la moyenne pluviométrique excède celle des besoins hydriques de l'ananas. Néanmoins, la qualité de la petite saison pluvieuse s'améliore ainsi, les déficits hydriques de cette saison ont une tendance à la baisse contrairement à ceux de la grande saison. Les mois où le déficit hydrique est plus marqué sont décembre, janvier et février, alors que les mois de mai, juin et juillet enregistrent les plus faibles déficits hydriques sur l'année. Les mois de mars et avril semblent être les meilleurs pour l'installation des rejets.

Toutefois, la culture étant pluriannuelle, d'autres points restent à élucider, pour en assurer une alimentation hydrique optimale.

MOTS-CLEFS: pluviométrie, variabilité, ananas, déficit hydrique, Bénin.

1 INTRODUCTION

La variabilité du climat en Afrique de l'Ouest et centrale n'est plus à démontrer [1], [2], [3], [4], [5] et [6]. Ainsi, les périodes de sécheresse qui se sont succédées depuis les années 70 ont provoqué en Afrique de l'Ouest, des vagues de famines dues à la perte des récoltes et à la décimation du cheptel [7]. Ces impacts socioéconomiques du réchauffement climatique incitent à plus orienter les recherches vers un couplage entre le climat et l'agriculture, de manière à ce que les progrès en termes de compréhension et de prévision de la variabilité du système de mousson puissent être bénéfiques pour les sociétés [8]. Les études d'impact du climat sur l'agriculture en Afrique de l'Ouest ont largement porté sur les cultures vivrières notamment le mil, le sorgho, le maïs, mais les impacts du climat sur les cultures de rente telles que l'ananas sont encore peu étudiés. Or, au plan mondial, l'ananas représente 23% du total des fruits tropicaux et occupe le deuxième rang après la mangue. L'Afrique n'en produit que les 17% [9]. Néanmoins, sur le marché international, la demande de l'ananas frais béninois est forte [10]. Il est produit à 90 % environ par le Plateau d'Allada. Cependant, sa production est encore pluviale au Bénin, donc soumise aux aléas climatiques. La présente étude vise à analyser l'influence des aléas pluviométriques sur l'alimentation hydrique de l'ananas au Bénin. De façon spécifique, il s'agit de caractériser la variabilité pluviométrique et son influence sur le bilan hydrique des sols sous culture d'ananas sur le Plateau d'Allada.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le Plateau d'Allada est situé au Sud-Bénin (Figure 1) entre 6°25'-7°50' latitude Nord et 2°00'-2°30' longitude Est. Il a une superficie de 2140 km² [11]. Le climat y est du type subéquatorial à régime pluviométrique bimodal avec deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Généralement, la grande saison des pluies débute au mois d'avril et prend fin en juillet. Elle est suivie d'une récession pluviométrique centrée sur le mois d'août qui constitue la petite saison sèche. La petite saison pluvieuse s'étend de septembre à novembre et la grande saison sèche, de décembre à mars. La pluviométrie moyenne annuelle (1951-2010) est de 1200 mm. L'humidité relative varie de 85 à 90% et la température moyenne journalière oscille entre 23 et 32°C [12]. Les sols prédominants sont les sols rouges argileux et argilo-sableux [11]. La majeure partie du bassin sédimentaire côtier auquel appartient le Plateau d'Allada, est recouverte de sols ferrallitiques généralement appelés « terre de barre ». Ils se sont développés sur des matériaux sédimentaires argilo-sableux du Continental Terminal [13] et [14]. Leurs teneurs en argile varient de 5 à 15% en surface et 50 à 55% au-delà de 60 cm de profondeur [15]. Quant à la perméabilité, elle varie de 5 à 8 cm/h au niveau des horizons superficiels et de 3 à 6 cm/h en profondeur. La réserve utile est de 40 à 50 mm à 30 cm de profondeur et 60 à 70 mm à 60 cm de profondeur [16].

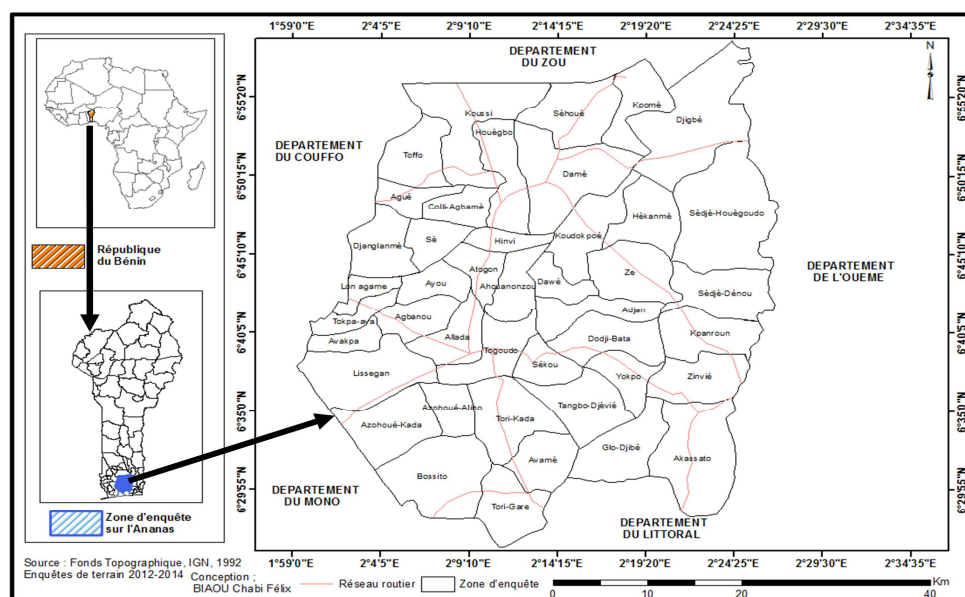


Fig 1 : Situation géographique du Plateau d'Allada

2.2 DONNÉES UTILISÉES

L'étude se base sur la pluviométrie, l'évapotranspiration maximale (ETM) de l'ananas et la réserve utile des sols du milieu d'étude pour calculer le bilan hydrique. Les données pluviométriques journalières de 1951 à 2010 proviennent des stations pluviométriques de Niaouli (105 m d'altitude, 6°42'N de latitude et 2° 07'E de longitude) et de Ouidah (10 m d'altitude, 6°22'N de latitude et 2°06' E de longitude). Elles sont installées et gérées par la Direction de la Météorologie Nationale (DMN). Ces stations ont été retenues parce qu'elles sont les seules à disposer, dans la zone d'étude, des séries pluviométriques complètes entre 1951 et 2010. Les données d'évapotranspiration potentielle (ETP) utilisées proviennent de la station synoptique de Cotonou Aéroport (4 m d'altitude 6°21'N de latitude, 2°23'E de longitude), située à moins de 30 km du Plateau d'Allada. Ces données ne couvrent que la période de 1965 à 2010 car leur mesure n'a débuté qu'en 1961 mais avec un taux important de lacunes avant 1965.

2.3 APPROCHES METHODOLOGIQUES

2.3.1 ANALYSE DE LA VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE

L'analyse est faite aux pas de temps annuel et saisonnier, d'où la nécessité d'identifier le début et la fin de chaque saison des pluies par station. La variabilité pluviométrique est caractérisée à partir de l'indice pluviométrique standardisé (IPS). L'analyse descriptive (moyenne, écart type, coefficient de variation, coefficient de corrélation) des séries chronologiques a permis la comparaison des cumuls annuels et saisonniers.

2.3.1.1 DATES DE DEBUT ET DE FIN DES SAISONS DES PLUIES

La littérature présente diverses méthodes de détermination des dates de début et de fin des saisons pluvieuses en zone soudano-sahélienne : [17], [18], [19] etc. Néanmoins, cette étude se base sur celle d'Epicum [20] qui paraît plus appropriée à notre secteur d'étude situé en zone guinéenne. De plus, elle a été implémentée aussi bien en région sahélienne [21] que guinéenne [22]. La méthode stipule que, selon des critères climatiques, la saison des pluies commence au moment où la probabilité d'avoir un jour de pluie (pluie ≥ 1 mm) au cours d'une période donnée de cinq jours consécutifs (pentade) est supérieure à celle d'avoir un jour sec au cours d'un épisode de sept jours. La fin de la saison des pluies correspond au jour où la probabilité d'avoir un jour sec appartenant à un épisode de sept jours est supérieure à celle d'avoir un jour de pluie au cours d'une période donnée de cinq jours.

2.3.1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DU REGIME PLUVIOMETRIQUE

L'analyse de la variabilité interannuelle du régime pluviométrique par station, est basée sur l'IPS du cumul annuel. L'indice pluviométrique standardisé (IPS) est une moyenne des cumuls pluviométriques centrés et réduits. $IPS = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma}$ où P_i est la pluie de l'année i , $\bar{P}$ est la pluie moyenne interannuelle, et σ est l'écart-type de la série considérée. Il indique à lui seul le caractère excédentaire ($IPS > 0$) ou déficitaire ($IPS < 0$) de l'année considérée (Tableaux 1). Aussi, distingue-t-on différents niveaux de sécheresse ou d'humidité suivant les valeurs de l'IPS. La grille considérée dans ce travail (Tableau 1.c) résulte de la combinaison des grilles de McKEE et *al.*, [23] (Tableau 1.a) et de Ali et *al.*, [24] (Tableau 1.b). La grille d'Ali et *al.*, prévoit des années normales. Par ailleurs, les valeurs d'indices peuvent correspondre aux limites des intervalles définis. Par contre, la grille de McKee et *al.*, ne remplit aucune des deux conditions. Les valeurs limites ainsi laissées compliquent la prise de décision. Toutefois, cette grille, contrairement à l'autre, définit clairement les années extrêmes et en facilite ainsi l'étude prévisionnelle. Les deux grilles sont donc complémentaires, d'où l'idée de leur combinaison dans le présent article. A chaque année repérée dans le tableau, correspond un cumul pluviométrique annuel. Ceux des années extrêmes permettent l'identification des hauteurs critiques de pluviométrie ou de sécheresse forte voire, excessive.

Tableaux 1. Classification des années en fonction de l'IPS

Tableau 1.a Classification selon McKee

Classe IPS	Interprétation
$IPS > 2$	Humidité Extrême
$1 < IPS < 2$	Humidité Forte
$0 < IPS < 1$	Humidité modérée
$-1 < IPS < 0$	Sécheresse Modérée
$-2 < IPS < -1$	Sécheresse Forte
$IPS < -2$	Sécheresse Extrême

Tableau 1.b Classification selon Ali

Type d'années	IPS
Très pluvieuse	> 1
Pluvieuse	$[0,25 ; 1]$
Normale	$] -0,25 ; 0,25[$
Sèche	$[-1 ; -0,25]$
Très sèche	< -1

Tableau 1.c. Classification combinée de McKee et Ali

IPS	Type d'années
> 2	Humidité Extrême
$] 1 ; 2]$	Très pluvieuse
$[0,25 ; 1]$	Modérément pluvieuse
$] -0,25 ; 0,25[$	Normale
$[-1 ; -0,25]$	Modérément sèche
$[-2 ; -1[$	Très sèche
< -2	Sécheresse Extrême

2.3.1.3 EVOLUTION INTERANNUELLE DES CUMULS SAISONNIERS

Le principe d'analyse de la variabilité du cumul pluviométrique saisonnier est le même que celui du cumul annuel, ci-dessus décrit. Cependant, on remplace les données annuelles par celles saisonnières. Ainsi, le même indice permet d'indiquer si la saison peut être qualifiée d'excédentaire ($IPS > 0$) ou de déficitaire ($IPS < 0$). Notons qu'en remplaçant aussi le cumul annuel par les autres descripteurs (nombre de jours pluvieux et cumul moyen des jours pluvieux), l'IPS en permet une analyse similaire.

2.3.1.4 DETECTION DES RUPTURES

Une rupture est un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique précise, à un instant donné [25]. L'identification des ruptures est faite par le test de Pettitt [26] appliqué, aux pas de temps annuel et saisonnier tant, au cumul pluviométrique, qu'au nombre de jours pluvieux et au cumul moyen des jours pluvieux, par station.

2.3.1.5 COMPARAISON DES SOUS PERIODES

La comparaison des saisons par sous-période est basée sur le cumul pluviométrique, le nombre de jours pluvieux, le cumul moyen des jours pluvieux et l'analyse fréquentielle des séquences sèches. Une séquence sèche est un ensemble de jours consécutifs sans précipitation appréciable (supérieure ou égale à 1mm) [27]. Les fréquences au non dépassement ($F'(x)$) ont été obtenues en appliquant la formule de Hazen [28] :

$$F'(x) = 1 - F(x) \text{ et } F(x) = \frac{(i - 0,5)}{N} \text{ où : } i \text{ est le rang de l'observation } (x) \text{ et } N \text{ représente l'effectif de la série.}$$

2.3.2 ANALYSE DU BILAN HYDRIQUE DES SOLS FERRALITIQUES DU PLATEAU D'ALLADA SOUS CULTURE D'ANANAS

Le bilan hydrique permet de suivre l'alimentation hydrique des plantes à travers l'évapotranspiration, fonction de l'état du stock d'eau dans le sol enraciné. Puisque Ouidah ne produit presque pas d'ananas, seule la station de Niaouli a été considérée à ce sujet.

2.3.2.1 ESTIMATION DU BILAN HYDRIQUE DU SOL

Le bilan hydrique est calculé à partir de la formule de Hillel [29] et [30]. Tous les paramètres sont exprimés en mm. Le calcul est fait au pas de temps décadaire de 1965 à 2010. La formule utilisée se présente comme suit :

$$\Delta S = P + I + R_c - R - D_r - ETR \quad (1)$$

ΔS : variation du stock d'eau dans l'épaisseur totale de sol enraciné, P: pluviométrie, I: irrigation, R_c : remontée capillaire, R: ruissellement, D_r : drainage profond et ETR: évapotranspiration réelle. Dans ce contexte précis, l'ETR a été remplacée par ETM (évapotranspiration maximale) et $ETM = K_c ETP$ avec K_c : le coefficient cultural de l'ananas. $K_c = 0,5$ pour tout le cycle [31]. La pente est très faible donc $R = 0$. La culture étant exclusivement pluviale, $I = 0$. On considère en outre que $R_c = 0$. Ainsi,

$$\Delta S = P - D_r - ETR \quad (2)$$

Soient S_i : stock d'eau initial, S_f : stock d'eau final, RFU: Réserve Facilement Utilisable par les plants, RU: Réserve Utile, $H_{m_{PF2,5}}$: humidité massique à la capacité de rétention, $H_{m_{PF4,2}}$: humidité massique au point de flétrissement permanent, d_a : densité apparente du sol (g/cm^3) et z : profondeur d'enracinement (dm).

La profondeur d'enracinement considérée pour l'ananas est de 40 cm (mesure moyenne retenue in situ à partir de profils racinaires). Pour déterminer la densité apparente deux profils pédologiques ont été réalisés dans le milieu d'étude. Des échantillons de sol non remaniés en ont été prélevés dans des cylindres de 100 cc chacun. Ils ont été séchés à 105°C pendant 72 heures jusqu'à poids constant puis pesés. La densité apparente est calculée en divisant le poids sec à 105°C de l'échantillon par le volume du cylindre. Les humidités sont mesurées par la "méthode de Richards" ou méthode à la presse membrane. Cette dernière consiste à exercer sur des prises d'essai de sol de poids connu préalablement saturé en eau, une pression constante correspondant à un point de flétrissement (pF) déterminé pour chaque état caractéristique recherché. $RU = (H_{m_{PF2,5}} - H_{m_{PF4,2}}) \times d_a \times z$ (3) et $RFU = RU \times 2/3$ (Tableau 2)

Les calculs étant faits au pas de temps décadaire, le S_f d'une décade « n » est le S_i de la décade « n+1 ». Toutefois, S_i est égal à 0 lorsque le S_f de la décade précédente est négative. $S_f = S_i + \Delta S$ (4). Sachant que $S_{fmax} = RU$ (5), si S_f est inférieur à RU, le drainage est nul. Quant au contraire S_f excède la valeur de RU, l'excédent subit un drainage (D_r) vers les horizons non exploités par les racines. Ainsi, $D_r = S_f - RU$ (6).

Tableau 2 : Détermination de la réserve utile du sol de la zone d'étude

$H_{m_{PF2,5}}$ (%)	$H_{m_{PF4,2}}$ (%)	$H_{m_{PF2,5}} - H_{m_{PF4,2}}$ (%)	d_a	z (dm)	RU (mm)	RFU (mm)
16,42	8,7	7,72	1,42	1,1	12,06	
28,11	15,18	12,93	1,54	1,5	29,87	
9,76	5,27	4,49	1,55	1,4	9,74	
				4	51,67	34,45

2.3.2.2 ESTIMATION DU DEFICIT HYDRIQUE DU SOL ET DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE

Sur la base des équations (2) et (4), sachant que le besoin en eau de la culture à un instant « t » est exprimé par l'ETM (évapotranspiration maximale), il y aura déficit hydrique (DH) quand S_f sera inférieur à 0.

Ainsi, $ETM = ETR + |DH|$ et $|DH| = ETM - ETR$ (7).

2.3.2.3 CARACTERISATION DU BILAN HYDRIQUE ET DU DEFICIT HYDRIQUE

Le bilan hydrique et le déficit hydrique ont été agrégés aux pas de temps mensuel, saisonnier puis annuel. La caractérisation est basée sur les statistiques descriptives (moyenne, écart type, coefficient de variation, maximum et minimum) et les anomalies centrées réduites. A l'instar de la pluviométrie, ces anomalies ont permis d'examiner la variabilité

interannuelle. Les résultats d'analyse du bilan hydrique sont présentés par sous-période. En ce qui concerne le déficit hydrique, les calculs des anomalies centrées réduites ont été faits à partir des valeurs absolues. Ainsi, sur les figures qui en découlent, la cote de chaque point montre l'écart en plus (pour les valeurs positives) ou en moins (pour les valeurs négatives) du déficit considéré par rapport à la moyenne sur la période d'étude. Les résultats sont donnés aux pas de temps annuel, saisonnier puis mensuel. La fréquence au dépassement de divers seuils (0, 20, 40 et 60 mm) des déficits hydriques est analysée grâce à la formule de Hazen [28]. Par analogie à Franquin (1969), la variation du déficit hydrique est examinée en relation avec la pluviométrie, l'ETP et l'ETM sachant que $k_c \text{ ananas} = 0,5$ pour tout le cycle [31].

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 ANALYSE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE

3.1.1 DATES DE DEBUT ET DE FIN DE SAISONS PLUVIEUSES

La méthode d'Ercicum [20] appliquée au cumul pluviométrique des deux stations étudiées donne les débuts et fins de saisons ci-après (Tableau 3). Il en résulte que la grande saison des pluies dure trois à trois mois et demie, alors que la petite ne dure qu'un mois et demie à deux mois.

Tableau 3 : Dates moyennes de début et de fin des saisons des pluies sur la période 1951-2010

Station	Grande Saison des Pluies		Petite Saison des Pluies	
	Date de début	Date de fin	Date de début	Date de fin
Niaouli	31/03	14/07	02/09	06/11
Ouidah	15/04	14/07	12/09	27/10

3.1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DU REGIME PLUVIOMETRIQUE

Les figures 2.a et 2.b présentent respectivement la variabilité interannuelle du régime pluviométrique de Niaouli et de Ouidah. Ces figures montrent une forte variabilité interannuelle des pluies quelle que soit la station considérée (Niaouli ou Ouidah). Elles confirment donc les fluctuations de hautes fréquences des régions guinéennes [32]. Par conséquent, le mode de variabilité ainsi mis en évidence contraste avec celui du signal sahélien, dominé par des fluctuations de basses fréquences. Par ailleurs, les années 50-60 aux stations de Niaouli et Ouidah, comme dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, sont globalement plus humides que les années 70-80 [1] et [6]. Les figures 2.a et 2.b révèlent aussi une suite quasiment ininterrompue d'années déficitaires de 1979 à 1985. Cette séquence d'années sèches corrobore d'une part les résultats de Le Lay et Galle [32] et d'autre part Lawin et *al.*, [33] au nord du Bénin. Enfin, à partir de 1989, on observe à nouveau une reprise de l'alternance des années déficitaires et excédentaires. Ceci rappelle une variabilité interannuelle semblable à celle observée au cours des années 50-60 comme l'indique le tableau 4.

Il ressort du tableau 4 que les années 1968 et 1999 ont été extrêmement humides, à Niaouli. De même à cette même station, les années 1954, 1955, 1980 et 2010 ont été très pluvieuses alors que 1983 a été plutôt une année extrêmement sèche. A Ouidah, les années 1962 et 1968 ont été extrêmement humides. Les années 1959, 1963, 1982 et 2004 y ont été très pluvieuses alors que 2005 a été une année extrêmement sèche. Ainsi, le seuil de pluviométrie annuelle très forte à excessive est de 1465,6 mm à Niaouli et 1542,4 mm à Ouidah. Par contre, celui de sécheresse très forte à excessive est de 896,3 mm à Niaouli et 560,3 mm à Ouidah. On peut dès lors en étudier les fréquences et temps de retour respectifs mais ces derniers relèvent d'un autre article.

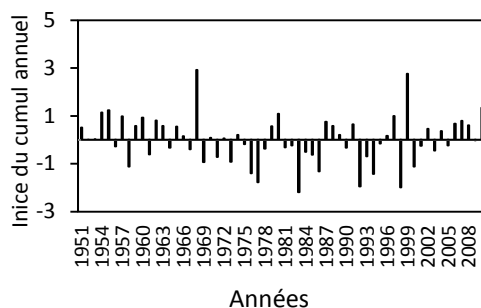


Fig 2.a : Indice du cumul annuel pluviométrique de Niaouli

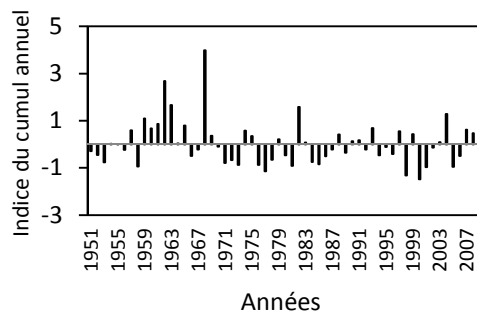


Fig 2.b. Indice du cumul annuel pluviométrique de Ouidah

Tableau 4 : Classification des années selon l'IPS

Niaouli	Ouidah	IPS du cumul annuel	Caractéristiques des années
1968, 1999	1962, 1968	>2	Humidité Extrême
1954, 1955, 1980, 2010	1959, 1963, 1982, 2004	$] 1 ; 2]$	Très pluvieuse
1951, 1957, 1959, 1960, 1962, 1963, 1965, 1979, 1987, 1988, 1991, 1997, 2002, 2004, 2006, 2007, 2008	1957, 1960, 1961, 1965, 1969, 1974, 1975, 1988, 1993, 1997, 1999, 2007, 2008, 2009	$[0,25 ; 1]$	Modérément pluvieuse
1952, 1953, 1966, 1970, 1972, 1974, 1975, 1982, 1989, 1995, 1996, 2005, 2009	1954, 1955, 1956, 1964, 1967, 1970, 1979, 1983, 1987, 1990, 1991, 1992, 1995, 2002, 2003	$] -0,25 ; 0,25[$	Normale
1956, 1961, 1964, 1967, 1969, 1971, 1973, 1978, 1981, 1984, 1985, 1990, 1993, 2001, 2003	1951, 1952, 1953, 1958, 1966, 1971, 1972, 1973, 1976, 1978, 1980, 1981, 1984, 1985, 1986, 1989, 1994, 1996, 2001, 2006	$[-1 ; -0,25]$	Modérément sèche
1958, 1976, 1977, 1986, 1992, 1994, 1998, 2000	1977, 1998, 2000	$[-2 ; -1[$	Très sèche
1983	2005	<-2	Sécheresse Extrême

3.1.3 ÉVOLUTION INTERANNUELLE DES CUMULS SAISONNIERS

Les figures 3 et 4 rendent compte de la dynamique des cumuls saisonniers. Quelle que soit la station considérée, l'analyse de la dynamique des cumuls saisonniers révèle que la tendance de la grande saison des pluies (GSP) est à la baisse (Figures 3.a et 3.b) alors que celle de la petite saison des pluies (PSP) est à la hausse (Figures 4.a et 4.b.). Par ailleurs, de 1990 à 2010, on note 9 à 11 années humides en ce qui concerne la PSP contre 7 pour la GSP. Ainsi, le regain pluviométrique observé autour des années 1990 et 2000 à l'échelle annuelle semble moins marqué pour la GSP (Figures 3.a et 3.b) que pour la PSP (Figures 4.a et 4.b.). Toutefois, la variabilité saisonnière est importante pour les deux. Elle est comparable à la variabilité annuelle. Cependant, la variabilité interannuelle du cumul annuel est mieux expliquée par celle du cumul de la GSP que par celle de la PSP, comme le montrent les coefficients de corrélation entre les cumuls annuels et les cumuls saisonniers résumés dans le tableau 5.

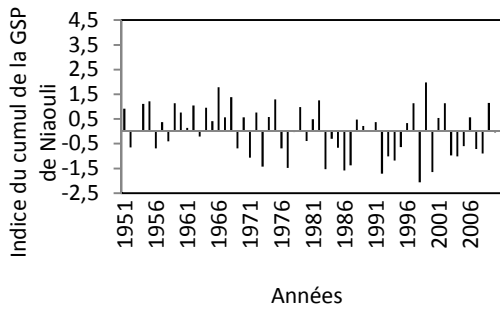


Fig 3.a : Indice du cumul pluviométrique de la GSP Niaouli

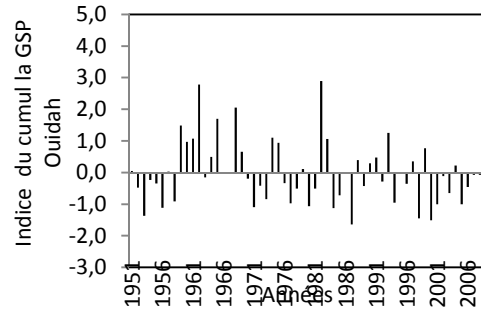


Fig 3.b : Indice du cumul pluviométrique de la GSP Ouidah

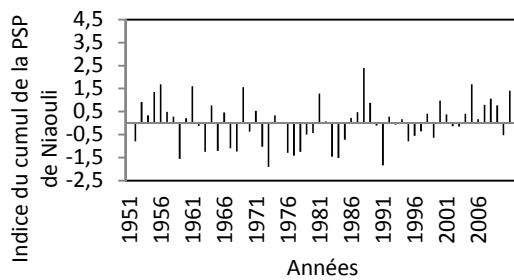


Fig 4.a : Indice du cumul pluviométrique de la PSP Niaouli

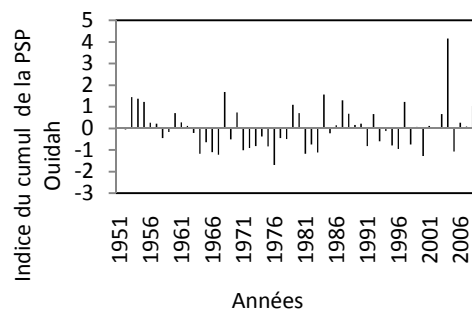


Fig 4.b : Indice du cumul pluviométrique de la PSP Ouidah

Tableau 5 : Variation des cumuls annuels et saisonniers

Cumul	NIAOULI 1951-2010			OUIDAH 1951-2010		
	Annuel	GSP	PSP	Annuel	GSP	PSP
$\bar{X}$	1185,40	583,38	330,39	1122,97	636,78	173,35
σ	257,96	157,06	118,00	380,19	232,11	97,35
Cv	22%	27%	36%	34%	36%	56%
r^2 cumul annuel et saisonnier		0,68	0,57		0,78	0,37

$\bar{X}$: moyenne arithmétique ; σ : écart type ; Cv : coefficient de variation ; r^2 : coefficients de corrélation

3.1.4 DETECTION DES RUPTURES

A l'échelle annuelle, le test de Pettitt [26] appliqué aux cumuls annuels, aux nombres de jours pluvieux et aux cumuls moyens des jours pluvieux, n'a révélé aucune rupture. A contrario, des ruptures ont été remarquées à l'échelle saisonnière, comme le montre le tableau 6. Il ressort de l'analyse du tableau 6 que contrairement aux descripteurs annuels, les descripteurs intra saisonniers signalent des ruptures. Cependant, le cumul saisonnier en présente peu (1 rupture) comparativement au nombre de jours pluvieux et au cumul moyen des jours pluvieux (3 ruptures, chacun). Il semble donc que les forçages atmosphériques aient davantage affecté les composantes du cumul pluviométrique (nombre de jours pluvieux et leur cumul moyen) que le cumul lui-même. Ces résultats concordent avec ceux de [34] sur la même zone d'étude.

En outre, les ruptures relatives au NJP sont situées avant 1980 alors que celles relatives au CMJP sont situées après 1981. Le nombre de jours pluvieux NJP semble donc avoir été affecté par les modifications pluviométriques avant le cumul moyen des jours pluvieux. Par ailleurs, les ruptures relatives au NJP correspondent à une baisse alors que celles relatives au CMJP correspondent à une augmentation. Il apparaît que ces deux variables ne sont pas affectées de la même manière par les

forçages atmosphériques. De façon générale, de 1951 à 2010, la variabilité pluviométrique a été marquée par des ruptures localisées autour de 1980. Ce résultat ne confirme pas celui de [35] qui situe la rupture de Niaouli à 1968, ni celui de [36] portant sur 33 stations pluviométriques d'Afrique de l'Ouest sahélienne et qui situe la plupart des ruptures entre 1968 et 1969. Par contre, il confirme d'autres résultats tels que ceux de [37] et [1]. En effet, les régions en bordure du Golfe de Guinée n'ont été affectées par la rupture climatique qu'au cours des années 1980 contrairement au Sahel où cette rupture est bien marquée au début des années 70 [1]. On peut ainsi distinguer sur le Plateau d'Allada, deux sous périodes : 1951-1980 (P1) et 1981-2010 (P2).

Table 6 : Résultats des recherches de rupture

Stations	Niaouli			Ouidah		
Descripteurs pluviométriques	Annuels	Saisonniers		Annuels	Saisonniers	
		GSP	PSP		GSP	PSP
1. Cumul	-	1982	-	-	-	-
2. Nombre de jours pluvieux (NJP)	-	1979	-	-	1975	1972
3. Cumul moyen des jours pluvieux (CMJP)	-	-	1984	-	1981	1981

3.1.5 COMPARAISON DES SOUS-PÉRIODES P1 ET P2

L'analyse comparative des descripteurs saisonniers, par sous-période et par station met en évidence des variations spécifiques récapitulées dans les tableaux 7.a. et 7.b.

Il ressort de l'analyse du tableau 7.a que par rapport à la sous-période 1951-1980 (P1), la GSP accuse après 1980, un retard de démarrage de 35 jours à Niaouli et finit avec 5 jours de retard, soit un raccourcissement de 30 jours. A Ouidah, aussi on note un retard de démarrage de 25 jours mais un arrêt précoce de 10 jours, soit un raccourcissement de 35 jours. Quant à la PSP, elle démarre 15 jours plus tôt et finit 5 jours plus tôt à Niaouli. Ce faisant, elle s'allonge de 10 jours. A contrario, Ouidah affiche un retard de 15 jours de démarrage et une précocité de 5 jours à la fin, donc un raccourcissement de 20 jours. Ainsi, la durée de la GSP s'est raccourcie de 24% à Niaouli et 30% à Ouidah. Quant à la PSP, elle s'est allongée de 18% à Niaouli alors qu'elle a connu un raccourcissement de 39% à Ouidah. En ce qui concerne le cumul annuel, il a diminué de 4% et 8% respectivement à Niaouli et à Ouidah. De même, le cumul saisonnier moyen de la GSP a diminué de 14% à Niaouli et de 8% à Ouidah, alors qu'il est plutôt en hausse pour la PSP. Quant au nombre de jours pluvieux moyen, il a globalement diminué contrairement au cumul moyen des jours pluvieux. Ainsi, les hauteurs de pluies auraient augmenté au détriment du nombre de jours pluvieux. Enfin, contrairement à la GSP, la qualité de la PSP et sa contribution au cumul annuel pluviométrique s'améliorent. Des conséquences en découlent sur la durée des séquences sèches (Tableau 7.b).

Le tableau 7.b. fait ressortir pour la GSP des deux stations, une diminution de la fréquence des séquences sèches de 1 à 3 jours et une augmentation de celle des séquences sèches de durée supérieure à 3 jours. Quant à la PSP, la fréquence des séquences sèches de 1 à 3 jours n'a changé dans aucune des stations. A contrario, la fréquence des séquences sèches de durée supérieure à 3 jours a diminué à Niaouli et augmenté à Ouidah. Globalement, il s'ensuit un accroissement de la durée moyenne des séquences sèches : ce qui est en adéquation avec la diminution du nombre de jours pluvieux et les résultats de Allé et *al.* [34]. Néanmoins, 70% des séquences sèches n'excèdent pas 5 jours. Ceci est intéressant sur le plan agronomique nonobstant les risques de stress hydriques aux quels exposent les 19% de séquences sèches qui durent de 8 à 21 jours.

Ces résultats confirment ceux de Houssou et *al.* [38], quant aux manifestations des changements climatiques perçues par les producteurs d'ananas du plateau d'Allada. Cependant, ces derniers ne signalent guère le regain récent des hauteurs pluviométriques révélé par l'analyse des chroniques. Partant des deux sous-périodes, globalement, cette étude montre que les retards de démarrage, les arrêts précoces et la mauvaise répartition des pluies, induisent une forte variabilité temporelle de la pluviométrie dans la zone d'étude. Or, selon M'biandoun et *al.* [39], les risques climatiques redoutables en agronomie sont essentiellement i) une très grande variabilité spatiotemporelle de la pluviométrie ; ii) une agressivité des pluies et des problèmes d'érosion ; iii) une mauvaise répartition annuelle de la pluviométrie avec des « trous » pouvant intervenir en juin, juillet ou août et impliquant des stress hydriques ; iv) un risque d'arrêt précoce des pluies. Il s'avère alors indispensable d'examiner, sur le plateau d'Allada, le bilan hydrique des sols sous culture d'ananas. Ainsi, l'on pourrait identifier voire, prévoir les périodes à risques dans le calendrier agricole de l'ananas.

Table 7.a : Caractérisation des saisons par sous période à Ouidah et à Niaouli

N° d'ordre	Variables	Niaouli				Ouidah			
		GSP		PSP		GSP		PSP	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1.	Début	11 mars	15 avr	17 sept	02 sept	21 mars	15 avr	12 sept	27 sept
2.	Fin	14 juil	19 juil	11 nov	06 nov	14 juil	04 juil	1 ^{er} nov	27 oct
3.	Longueur	126	96	56	66	116	81	51	31
4.	Moyenne Cumul saisonnier (mm)	626,4	540,3	315,8	345,0	661,3	611,5	164,0	183,0
5.	Cumul moyen jours pluvieux	4,97	5,63	5,64	5,23	5,70	7,55	3,22	5,90
6.	Moyenne Cumul annuel (mm)	1207,5	1153,4	-	-	1177,7	1079,3	-	-
7.	Contribution cumul saisonnier à annuel	52%	47%	26%	30%	56%	57%	14%	17%

Table 7.b. Comparaison des fréquences cumulées des longueurs de séquences sèches

Variables		Niaouli				Ouidah			
		GSP		PSP		GSP		PSP	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Fréquence cumulée des longueurs de séquences sèches	10%	1	1	1	1	1	1	1	1
	30%	1	2	1	1	1	1	2	2
	50%	2	3	2	2	2	2	3	3
	70%	3	4	3	3	3	4	4	5
	90%	6	7	6	5	6	7	8	9
	95%	8	10	9	7	8	9	11	13
	99%	15	16	15	18	12	17	16	21

3.2 ANALYSE DU BILAN HYDRIQUE DES SOLS FERRALITIQUES DU PLATEAU D'ALLADA SOUS CULTURE D'ANANAS

3.2.1 CARACTERISATION DU BILAN HYDRIQUE

La synthèse du bilan hydrique décadaire des sols ferralitiques sous culture d'ananas sur le Plateau d'Allada est présentée par sous-période, dans le tableau 8. Il en ressort qu'au cours de la P2 (1981-2010), le drainage a diminué, alors que l'ETM et l'ETR ont augmenté. Toutefois, le rapport ETR/ETM n'a pas changé et est demeuré égal à 73%. Le déficit hydrique du sol n'a augmenté que de 1%. Le bilan hydrique moyen est donc déficitaire sur les deux sous-périodes. Pourtant, la moyenne de la pluviométrie est supérieure à celle de l'ETM. En effet, la hauteur moyenne d'eau perdue par drainage et par évaporation est supérieure aux déficits moyens estimés. Ceci suppose qu'autrement gérée, l'eau pluviale couvrirait les besoins hydriques de l'ananas durant tout son cycle de développement. Ainsi, ces résultats confirment ceux de Sèdjamé [40] puisqu'ils stipulent que le manque d'eau observé sur le Plateau d'Allada ne dépend pas seulement des faibles hauteurs pluviométriques mais aussi de la mauvaise gestion de la ressource. Il convient alors de gérer les eaux pluviales aux fins de la réduction des déficits hydriques généralement observés sur le plateau d'allada.

Table 8 : Evolution des paramètres décadaires du bilan hydrique par sous-période

Variables	Variation des moyennes décadaires de Niaouli									
	Pluviométrie		ETM		ETR		Déficit		Drainage	
Sous période	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Moyenne	26,0	25,7	22,5	22,9	16,5	16,8	6,02	6,1	9,5	8,9
Ecart type	30,6	31,5	3,2	3,1	9,3	9,4	9,1	9,5	21,9	22,9
Cv	1,2	1,2	0,1	0,1	0,6	0,6	1,5	1,6	2,3	2,6
Maximum	156,0	256,2	37,4	37,5	37,4	37,5	29,8	31,0	137,5	236,7
Minimum	0,0	0,0	13,4	14,9	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0

3.2.2 CARACTERISATION DU DEFICIT HYDRIQUE

3.2.2.1 ANALYSE DU DEFICIT HYDRIQUE ANNUEL

La figure 5 montre la variabilité interannuelle du déficit hydrique annuel et le tableau 9 en présente la caractérisation.

Il ressort de la figure 5 que le maximum du déficit hydrique est obtenu en 1998 et le minimum en 1991. Comparée à la figure 2, celle-ci révèle que la pluviométrie et le déficit hydrique sont inversement proportionnels : leur coefficient de corrélation (-0,816) le confirme. Cependant, il ressort du tableau 9 que les années du maximum et du minimum de déficit hydrique annuel ne coïncident pas avec celles des extrêmes pluviométriques annuels. Ainsi, sur la période 1965-2010 (Tableau 9) Niaouli a enregistré son maximum de hauteur pluviométrique annuelle en 1968 (1938,7 mm) et le déficit annuel minimal en 1991 avec une pluviométrie annuelle de 1353,5 mm. Quant à la hauteur pluviométrique minimale, elle remonte à l'année 1983 (620 mm) et le déficit maximal à 1998 avec une hauteur pluviométrique annuelle de 672,7mm. Il en résulte que les cumuls pluviométriques annuels seuls, n'expliquent pas assez le déficit hydrique annuel. En effet, le déficit annuel résulte du cumul des déficits décennaux et donc du taux de satisfaction décennaux des besoins hydriques de la culture. Il est donc fort probable que la répartition saisonnière des hauteurs pluviométriques et des drainages y afférents expliquent mieux que leur cumul, la répartition du déficit hydrique et en conséquence, son cumul.

Table 9 Caractéristiques des déficits hydriques annuels

Variables annuelles (période : 1965-2010)		Niaouli
Moyenne		218,2
Ecart type		63,4
Coefficient de variation		0,3
Maximum	Déficit hydrique annuel maximal	401,4
	Année du déficit maximal	1998
	Hauteur pluviométrique de l'année du déficit maximal (mm)	672,7
	Année pluviométrie annuelle minimale	1983
	Hauteur pluviométrie annuelle minimale	620
Minimum	Déficit hydrique annuel	97,2
	Année du déficit minimal	1991
	Hauteur pluviométrique de l'année du déficit minimal (mm)	1353,5
	Année de pluviométrie annuelle maximale	1968
	Hauteur pluviométrie annuelle maximale	1938,7

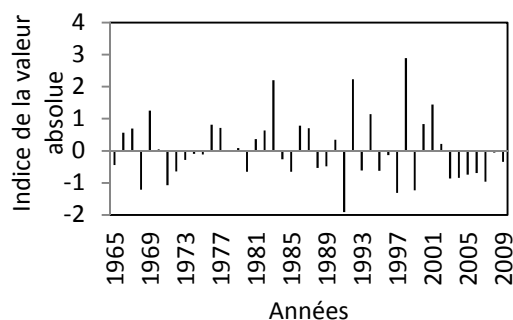


Fig 5 : Indice de la valeur absolue des déficits hydriques annuels

3.2.2.2 ANALYSE DU DEFICIT HYDRIQUE SAISONNIER

Les déficits hydriques de la GSP et de la PSP sont représentés dans les figures 6a et 6.b. Elles révèlent que la variabilité des déficits hydriques de la GSP est plus forte que celle de la PSP, surtout à partir de l'année 1997. Par ailleurs, contrairement à la PSP, les années du maximum et du minimum de déficit hydrique de la GSP coïncident avec celles du déficit hydrique annuel (Tableau 9). De plus, comparée à la figure 5, les figures 6.a et 6.b montrent que les fluctuations des déficits hydriques annuels se rapprochent plus de celles des déficits de la GSP que de la PSP. Ceux de la GSP ont une tendance à la hausse alors que ceux de la PSP ont une tendance à la baisse. Ceci confirme l'amélioration de la qualité de la PSP par rapport à la GSP et conforte les tendances obtenues en ce qui concerne les cumuls saisonniers (Figures 3 et 4). Néanmoins, il convient d'en faire l'analyse au pas mensuel pour mieux adapter le calendrier cultural aux réalités pluviométriques du Plateau d'Allada.

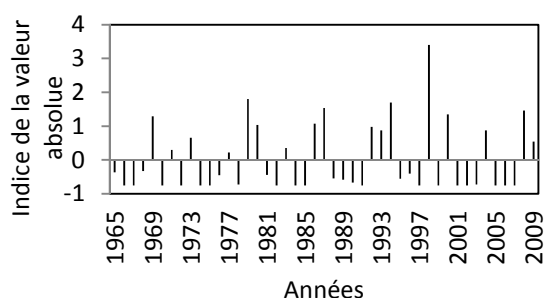


Fig 6 a : Indice des déficits hydriques de la GSP

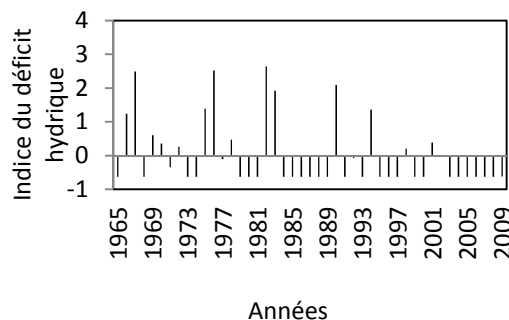


Fig 6 b : Indice des déficits hydriques de la PSP

3.2.2.3 CARACTERISATION DU DEFICIT HYDRIQUE MENSUEL

Les déficits hydriques mensuels varient de 0 à plus de 60 mm. Les probabilités au dépassement des seuils de 0, 20, 40 et 60 mm de déficit hydrique en fonction des mois (Figure 7) révèlent que le déficit hydrique (DH) est bimodal. Le mois de janvier présente la plus forte probabilité d'occurrence de déficits hydriques. Neuf années sur dix, son déficit est supérieur ou égal à 20 mm et six années sur dix, il est supérieur à 60 mm. Le déficit hydrique diminue progressivement de février à juin, où il devient pratiquement nul. Il remonte en août et décroît de septembre à novembre avant d'atteindre à nouveau son pic en janvier. Comme noté par Malezieux [41], les mois de décembre et février ont à peu près les mêmes probabilités d'occurrence. Ajoutés à celui de janvier, ces trois mois ont, neuf années sur dix, un déficit supérieur ou égal à 20 mm et huit années sur dix, un déficit à peu près égal à 40 mm. Ces mois sont les plus déficitaires de l'année alors que ceux de mai, juin et juillet, sont les moins déficitaires.

Compte tenu de ces probabilités d'occurrence des différents seuils de déficit hydrique, les mois de plantation les plus favorables au raccourcissement du cycle de l'ananas sont ceux d'avril, mai, juin, car ils permettent le 1^{er} épandage d'engrais peu de temps après la plantation. Les mois de juillet, septembre et octobre aussi pourraient y contribuer mais les rejets seront soumis plus jeunes, aux stress hydriques de la grande saison sèche. A contrario, les mois les plus susceptibles d'allonger le cycle sont ceux de décembre, janvier, février voire, août et novembre. Le mois de mars se retrouve certes, dans une position un peu mitigée mais il est plus favorable au raccourcissement qu'à l'allongement du cycle. Que donne le recoupement de cette analyse avec celle de l'ETM et de la pluviométrie ?

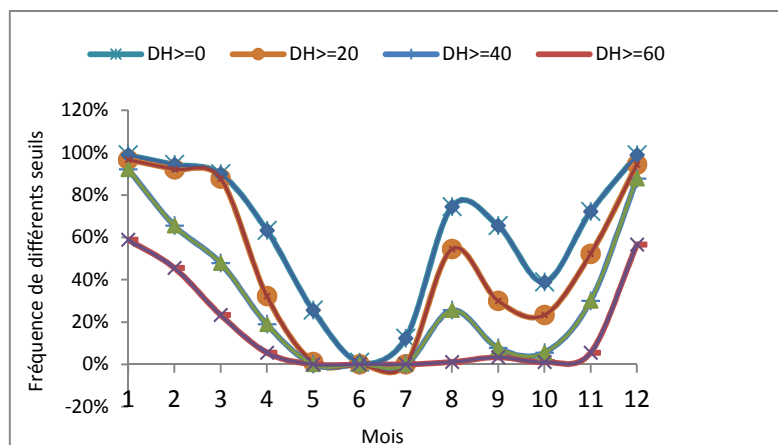


Fig 7. Fréquence des déficits hydriques à Niaouli

3.3 VARIATION DU DEFICIT HYDRIQUE AVEC LA PLUVIOMETRIE ET L'EVAPOTRANSPIRATION

L'évolution du déficit hydrique couplée à celles de la pluviométrie et de l'évapotranspiration est représentée sur la figure 8. Cette figure se rapproche de celle de Franquin [42], relative aux périodes clés de la saison agricole. Elle révèle que d'avril à juillet et de septembre à novembre, il y a peu de risques de stress hydrique. La grande saison sèche démarre juste après. Ceci amène à suggérer l'installation de la culture d'ananas entre mi-mars et début avril. Autrement, les rejets seraient soumis au stress hydrique dès leur plantation et ce, durant deux à trois mois. Or, les conséquences du stress hydrique sur le rendement sont plus ou moins importantes selon la phase du cycle à laquelle il se produit [39]. Enfin, cette figure confirme que le déficit hydrique est inversement proportionnel à la pluviométrie.

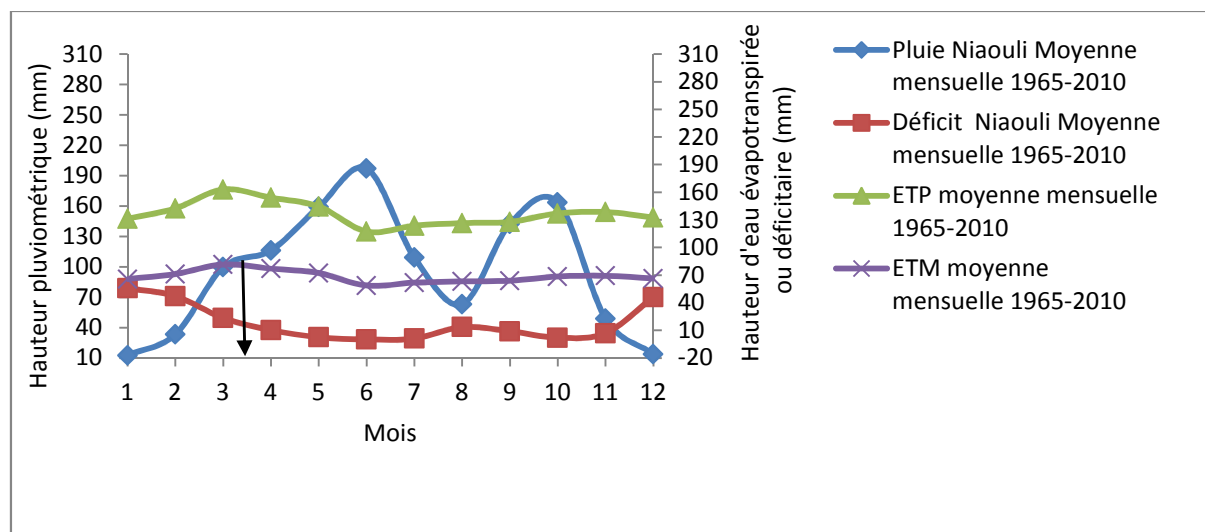


Fig 8 : Variation du déficit en fonction de la pluviométrie de l'ETP et de l'ETM à Niaouli

4 CONCLUSION

Dans la mesure des données exploitées, cette étude confirme que la pluviométrie du Plateau d'Allada n'échappe guère aux phénomènes de péjoration climatique, en cours depuis les années 80 pour les régions en bordure du Golfe de Guinée. Par ailleurs, elle prouve que les forçages atmosphériques ont plus affecté les composantes du cumul pluviométrique (nombre de jours pluvieux et leur cumul moyen), que le cumul même. En outre, ces composantes n'ont pas été affectés en même temps ni de la même manière. Ce travail démontre aussi l'augmentation des totaux pluviométriques de la petite saison pluvieuse pendant que la grande saison des pluies présente des tendances à la baisse. En effet, elle est, a priori, occultée par la régression de la moyenne du cumul annuel, le retard de démarrage des saisons et leur raccourcissement mis en évidence de façon générale. Quant au bilan hydrique moyen analysé par sous-période, il est déficitaire alors que la moyenne

pluviométrique excède celle des besoins hydriques de l'ananas durant tout son cycle. Il en résulte un déficit hydrique annuel bimodal que les cumuls pluviométriques saisonniers expliquent mieux que ceux annuels. Ainsi, les déficits de la grande saison pluvieuse ont une tendance à la hausse contrairement à ceux de la petite saison : ce qui confirme l'amélioration de la qualité de cette dernière. Du point de vue mensuel, les mois de janvier, décembre et février sont les plus déficitaires.

Au terme de cette étude, on retient qu'en absence d'une gestion pro active des eaux pluviales, la variabilité pluviométrique soumet l'ananas à des périodes de déficit hydrique pouvant atteindre 60mm. Partant de la répartition de ce déficit, les mois de mars et d'avril semblent être les meilleurs pour l'installation de la culture d'ananas. Cependant, même en supposant que l'eau soit le seul facteur limitant pour cette culture, il faut davantage pour en améliorer le rendement. En effet, la culture de l'ananas est pluriannuelle. Sur le Plateau d'Allada, elle est encore pluviale, avec un cycle de durée variant entre 13 et 18 mois. Néanmoins, cette culture est installée et récoltée tous les mois de l'année. Dès lors, au moins trois points restent à élucider, notamment : (i) quelles sont, par phase phénologique, les incidences du mois de plantation sur l'alimentation hydrique de l'ananas ? (ii) quelles sont par rapport à l'excès ou au déficit d'eau, les phases phénologiques les plus préjudiciables pour le rendement de l'ananas ? et (iii) quelles sont les conséquences du mois de plantation et de la durée du cycle sur le rendement de l'ananas ?

Dans une telle perspective, cette étude rappelle le caractère incontournable des données météorologiques locales et le préjudice causé par la faible répartition spatiale et/ou le manque d'efficacité des stations pluviométriques. En effet, n'eut été la qualité des séries chronologiques, on aurait pu travailler sur quatre à cinq stations pluviométriques du milieu d'étude. Néanmoins, les résultats obtenus sont en accord avec ceux d'autres chercheurs tant, nationaux qu'internationaux./.

REMERCIEMENTS

Ce travail est réalisé dans le cadre du Projet « ANANAS ». Il a bénéficié du soutien du Programme Fonds Compétitifs de Recherche de l'Université d'Abomey-Calavi (PFCR/UAC). En raison de cet appui, l'équipe de chercheurs adresse ses remerciements au Ministère en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique et ce, à travers le PFCR/UAC.

REFERENCES

- [1] J-E. Paturel, E. Servat, M. O. Delattre, H. Lubes-Niel, "Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique", *Hydrological Sciences Journal*, vol. 43, no. 6, pp. 937-946, 1998.
- [2] E. Servat, J. E. Paturel, B. Kouame, M. Travaglio, M. Ouedrago, J. F. Boyer, H. Lubes-Niel, J. M. Fritsch, J. M. Masson, B. Marieu, "Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale", *IAHS Publication*, vol. 252, pp. 323-337, 1998.
- [3] E. Servat, J. E. Paturel, H. Lubes-Niel, B. Kouame, J. M. Masson, M. Travaglio, B. Marie, "De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne", *Revue des Sciences de l'eau*, vol. 12, no. 2, pp. 363-387, 1999.
- [4] S. Ardoïn, H. Lubes-Niel, E. Servat, A. Dezetter, J. F. Boyer, "Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990", *IAHS Publication*, vol. 278, pp. 223-228, 2003.
- [5] B. S. Ardoïn, "Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne", Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 2004.
- [6] A. M. Kouassi, K. F. Kouame, B. T. A. Goula, T. Lasm, J. E. Paturel, J. Biemi, "Influence de la variabilité climatique et de l'influence de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire", *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, vol.2, pp. 207-229, 2008.
- [7] M. R. S. Dilley, U. Chen, A. L. Deichmann, Lerner-Lam, M. Arnold, "Natural disaster hotspots : a global risk analysis", *Disaster Risk Management*, series 5, Washington DC, The World Bank, 2005.
- [8] B. A. Sultan, B. Alhassane, C. Barbier, M. Baron, A. Bella-Medjo Tsogo, M. Berg, J. Dingkuhn, M. Fortilus, A. Kouressy, R. Leblois, B. Marteau, P. Muller, P. Oettli, P. Quirion, S. Roudier, B. Traore, M. Vaksman, "La question de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture sahélienne au climat au sein du programme AMMA", *La Météorologie, Spécial AMMA*, pp. 64-72, 2012.
- [9] FAO, "Situation actuelle et perspectives à moyen terme pour les fruits tropicaux", Rome, 13 p, 2006.
- [10] Tropagri, "Etude sur la filière Ananas au Bénin : Synthèse du diagnostic et Recommandations" vol. 1, Cotonou, 96 p, 1998.
- [11] M. Dissou, "La République populaire du Bénin : Milieux naturels, régions, économie agricole régionale. Première partie : le Bas-Bénin", *Imprimerie Adewale-Presse, Porto-Novo*, 174 p, 1986.
- [12] K. E. Agbossou, "Etude de la consommation en eau de la canne à sucre sur le complexe sucrier de Savè au Bénin : contribution à l'amélioration de l'utilisation de l'irrigation", Thèse de Doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Montpellier, 115 p, 1994.
- [13] R. Poss, "Transferts de l'eau et des minéraux dans les terres de barre du Togo : Conséquences agronomiques", Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VI, 335 p, 1991.
- [14] Volkoff et Willaime, 1976 in A. H. Azontonde, "Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferralitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin", *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, vol. 28, no. 2, 217-226, 1993.
- [15] A. H. Azontonde, "Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin", in *Soil Water Balance in the Sudano-sahelian zone* 4 pp. 251-258, 1991.
- [16] M. Boukari, "Fonctionnement du système aquifère exploité pour l'approvisionnement en eau de la ville de Cotonou sur le littoral béninois : Impact du développement urbain sur la qualité des ressources", Thèse de Doctorat d'Etat, UCAD, Dakar, 278 p, 1998.
- [17] M. V. K. Sivakumar, "Predicting rainy season potentiel from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of West Africa", *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 42, pp. 295-305, 1988.
- [18] M. Balme, S. Galle, T. Lebel, "Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger", *Sécheresse*, vol. 16, no. 1, pp. 15-22, 2005.
- [19] R. Marteau, B. Sultan, V. Moron, A. Alhassane, C. Baron and S. B. Traoré, "The onset of the rainy season and farmers'sowing strategy for pearl millet cultivation in Southwest Niger," *Agr. Forest Meteorol.*, vol. 151, pp. 1356-1369, 2011.
- [20] M. Erpicum, M. Binard, J.P. Peters, J. Alexandre, "Une méthode d'analyse des caractéristiques de la saison des pluies en région sahélienne (Exemples pris au Sénégal)", In : Erpicum (Eds.), *Actes des Journées de Climatologie*, Mont-Rigi, Belgique : Presses Universitaires de Liège, pp. 43-56, 1988.
- [21] P. Ozer, Y. C. Hountondji, M.O. Laminou, "Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger", *Geo-Eco-Trop.*, vol. 33, pp. 11-30, 2009.
- [22] A. M. Kouassi, K. F. Kouame, Y. B. Koffi, K. B.Dje, J. E. Paturel, S. Oulare, "Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama)

- en Côte d'Ivoire", *Cybergeo : European Journal of Geography (Environnement, Nature, Paysage)*, article 513, [en ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/>, 2010.
- [23] T.B. MCKEE, N. J. DOESKEN, J. KLEIST, "The relationship of drought frequency and duration to time scales", In T.B. MCKEE, N. J. DOESKEN, J. KLEIST, eds, *Preprints, 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, Calif, Boston, Mass, American Meteorological Society, vol. 179, no. 84, pp. 17-22, 1993.
- [24] A. ALI, T. LEBEL, A. AMANI, "Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel", *Sécheresse* vol. 19, pp 227-35, 2008 in I. F. Ouorou Barre, "Contraintes climatiques, pédologiques et production agricole dans l'Atacora (nord-ouest du Bénin)". Thèse de Doctorat Unique, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espace, Société et Développement, Université d'Abomey-Calavi, 230 p, 2014.
- [25] H. Lubes-Niel, J. M. Masson, E. Servat, J-E. Paturel, B. Kouame, "Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par l'application de tests statistiques, étude bibliographique", Programme ICCARE, ORSTOM, rapport no. 3, 21 p, 1994.
- [26] A. N. Pettitt, "A non-parametric approach to the change-point problem", *Appl. Statist.*, vol. 282, pp. 126-135, 1979.
- [27] V. Moron, A.W. Robertson, M. N. Ward, P. Camberlin, "Spatial coherence of tropical rainfall at the regional scale", *Journal of Climate* vol. 20, pp. 5244-5263, 2007.
- [28] Hazen in S.Tidiane, D. Mbaye, S. Pascal, "Etude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute Casamance (Sud Sénégal)" *Sécheresse* vol. 19, no. 1, pp 23-28, 2008.
- [29] D. Hillel, "Applications of soil physics", Academic Press, INC London, UK, pp. 197-215, 1980.
- [30] Lal, 1991, in H. M. Tesfai, "Soil and water management in spate systems in Eritrea", *Tropical Resource Management papers*, Wageningen University, 211 p, 2000.
- [31] J. Doorembos, A. H. Kassam, C. L. M. Bentvelsen, V. Branscheid, J.M.G.A. Plusje, M. Smith, G.O. Uittenbogaard, H.K. Van Der Val, "Réponse des rendements à l'eau", *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* no. 33, 235 p, 1987.
- [32] M. Le Lay, S. Galle, "Variabilités interannuelle et intra-saisonnière des pluies aux échelles hydrologiques : la mousson ouest-africaine en climat soudanien", *Hydrol. Sci. J.*, vol. 50, no. 3, pp. 509-524, 2005.
- [33] A. E. Lawin, A. Afouda, T. Lebel, "Analyse de la variabilité du régime pluviométrique dans la région agricole d'Ina au Bénin", *European Journal of Scientific Research*, vol. 50, no. 3, pp. 425-439, 2011.
- [34] C. S. U. Y. Allé, P. V. Vissoh, H. Guibert, E. K. Agbossou et A. A. Afouda, "Relation entre perceptions paysannes de la variabilité climatique et observations climatiques au Sud-Bénin", *VertigO, la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, vol. 13, no. 3, 2013.
- [35] D. F. Chede, "Analyse de la variabilité des saisons pluvieuses dans le sud du Bénin et son impact sur l'alimentation hydrique du maïs", *Mémoire d'ingénieur*, Centre régional AGRHYMET, Niger, 61 p, 2007.
- [36] P. Hubert, J. P. Carbonnel, A. Chaouche, "Segmentation des séries hydrométriques : application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest", *i. Hydro.* vol. 110, pp. 349-367, 1989.
- [37] C. S. U. Y. Alle, P. V. Vissoh, H. Guibert, K. E. Agbossou, E. Goze, A. A. Afouda, "Changements climatiques, Perceptions et Adaptations des Producteurs sur le Plateau d'Allada au sud du Bénin", *European Journal of Scientific Research*, vol. 107, no. 4, pp. 530-545, 2013.
- [38] V. M. C. Houssou, F. C. Biao, R. Glèlè Kakaï, E. K. Agbosou, C. S. Houssou, "Perceptions des changements climatiques par les producteurs d'ananas au Bénin", *Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Annales des sciences agronomiques*, vol. 12, no. 2, pp. 99-116, 2014.
- [39] M. M'biandoun, H. Guibert, J- P. Olin "Caractérisation du climat dans quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne au Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture", *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Prasac, N'Djamena, Tchad, Cirad-Irad, Garoua, Cameroun*, 9 p. 2003
- [40] R. Sèdjamé, "La gestion de l'eau sur le plateau d'Allada (Pays Aïzo du sud-Bénin) : Femmes et usages des ressources en eau", *Mémoire de maîtrise de Géographie. Université Nationale du Bénin*, 81 p. 1998.
- [41] E. Malezieux, "Répartition et évolution du déficit hydrique dans le sud-est de la Côte d'Ivoire : Application à la culture de l'ananas", *Fruits*-vol. 45, no. 5, pp. 457-468, 1990.
- [42] P. Franquin, "Analyse agro climatique des régions tropicales : Saison pluvieuse et saison humide, Applications", *Cahier Orstom, Série Biologique*, vol. 9, pp. 65-95, 1969.

Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Zerhoun -Maroc-

[Ethnobotanical Survey of medicinal plants used in Zerhoun region -Morocco-]

*Ikram SLIMANI, Mariem NAJEM, Rajae BELAIDI, Lamiæ BACHIRI, EL Houssine BOUIAMRINE, Laila NASSIRI, and Jamal
IBIJIJEN*

Laboratoire de Microbiologie du Sol et de l'Environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université
Moulay Ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc

Copyright © 2016 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 is the purpose of valorizing medicinal plants and ethnopharmacological heritage of the Zerhoun region in Morocco, an ethnobotanical study has been carried with population. So, during spring 2014, a total of 350 interviews were going out in 19 towns. This study enabled to inventory 111 exploited species belonging to 43 families. Most of plants used are spontaneous and Lamiaceae dominates with 15 species (13.51%). Ethnobotany study revealed the leaves constitute the most used part (38%) and the most frequently employed mode of preparation for the majority of the remedies is the decoction (48%). Also, herbal remedies are often used to treat digestive disorders (37%).

KEYWORDS: Zerhoun, medicinal plants, Ethnobotanical survey.

RESUME: Cette étude consiste à valoriser le patrimoine naturel que traditionnel de la région de Zerhoun, via une étude ethnobotanique qui a été menée auprès de la population locale, pour collecter le maximum d'informations relatives aux usages thérapeutiques et cosmétiques des plantes. Au cours du printemps de l'année 2014, une enquête a été conduite dans 19 douars de la région, sur un échantillon global de 350 ruraux. Les résultats obtenus ont permis de recenser 111 plantes médicinales, utilisées par les autochtones en phytothérapie, dont la majorité correspond à des plantes spontanées. Celles-ci se répartissent en 43 familles de spermaphytes, dominées par les Lamiaceae (15 espèces, soit 13.51% du total inventorié). L'enquête a révélé que le feuillage est la partie des plantes la plus utilisée (38%) et que la majorité des remèdes est préparée sous forme de décoction (48%) pour le traitement de diverses maladies, notamment digestives (37%).

MOTS-CLEFS: Zerhoun, Plantes médicinales, Étude Ethnobotanique.

1 INTRODUCTION

Au Maroc, en plus des conditions climatiques et édaphiques appropriées, d'une flore riche et diversifiée avec un taux élevé d'endémisme, l'un des points forts du secteur des plantes aromatiques et médicinales « PAM » consiste en les traditions historiques du pays dans le domaine de l'utilisation des PAM [1]. En effet, la population marocaine a une tradition riche et ancienne dans le domaine de la phytothérapie [2]. Il s'agit d'un héritage arabo-berbère, largement influencé par la religion islamique; aussi, l'utilisation d'un certain nombre de plantes médicinales, dans le traitement de plusieurs maladies, est-elle une partie intégrée de la culture marocaine [2]. C'est ainsi qu'à l'échelle régionale, le Maroc, constitue un véritable réservoir phytogénétique, et occupe une place privilégiée parmi les pays méditerranéens qui ont une longue tradition médicale et un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales [3].

Par ailleurs, devant de nombreuses opportunités offertes au secteur des PAM, notamment, l'accroissement des préférences des consommateurs à l'utilisation du «naturel» au dépend des produits synthétiques, la forte croissance des demandes dans les industries pharmaceutiques, nutraceutiques et cosmétiques, en huiles essentielles et extraits de plantes[1],[4], la mise en œuvre d'une stratégie de développement de ce secteur, s'avère une nécessité impérieuse si l'on veut tirer pleinement profit des potentialités de ces plantes et de leur rôle dans l'amélioration des conditions de vie des populations rurales[1]. Cette stratégie devrait porter aussi bien sur le développement du savoir et des connaissances spécifiques aux PAM marocaines que sur la consolidation de l'existant [5]. A cet effet, il est nécessaire d'élaborer un programme de recherche-développement relatif aux PAM, avec des objectifs précis, dont l'inventaire et l'identification des espèces de PAM, la mise en place d'une base de données renfermant toutes les informations relatives à la répartition géographique des espèces les plus prometteuses, aux techniques de leur valorisations sous les différentes formes et aux diverses fins, et à leur usage traditionnel et valeur ethnobotanique [4]. Néanmoins, l'analyse de la bibliographie médicinale marocaine montre que les données régionales relatives aux plantes médicinales sont très fragmentaires et dispersées, de même le savoir-faire n'est détenu actuellement que par peu de personnes[6]. Dans ce sens, les études ethnobotaniques constituent une bonne approche pour contribuer au recensement des plantes utilisées par les populations locales et pour réunir le maximum d'informations concernant leurs vertus thérapeutiques.

En fait, l'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours du temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade. Plusieurs travaux effectués par différents auteurs ont permis de mettre en évidence qu'une sélection d'espèces végétales, effectuée selon des critères basés sur l'ethnobotanique médicale et l'ethno-pharmacologie ont abouti à la découverte de principes actifs d'intérêt thérapeutique qu'un criblage de plantes effectué au hasard [7],[8]. En outre, d'après Derridj et al.[9], le savoir thérapeutique traditionnel, thésaurisé et transmis de génération en génération chez les populations rurales, est un héritage familial oral, dominant en particulier chez les femmes âgées et illettrées. La préservation de ce patrimoine ancestral en voie d'érosion est plus qu'indispensable et sa perte serait irréversible pour l'humanité, si aucun effort n'est déployé pour sa transcription fidèle et urgente [9].

Aussi, la présente étude s'inscrit dans le cadre global des programmes de recherche-développement destinées aux PAM, dans le but ultime d'augmenter leur valeur ajoutée. Notre objectif spécifique est l'évaluation/valorisation via une série d'enquêtes ethnobotaniques, des potentiels en PAM, réellement disponibles dans la région de ZERHOUN, tant le savoir traditionnel concernant les usages thérapeutiques pratiqués dans cette région que le patrimoine naturel; en effet, les ressources locales des territoires ruraux offrent de véritables atouts au développement rural et territorial, basé sur l'innovation rurale et la valorisation socio-économique des savoirs faire locaux [10].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1.1 DÉCOUPAGE ADMINISTRATIF

La région de ZERHOUN (CT 23-06 de Beni Amar) s'étend sur une superficie totale de 55.800 ha ; elle fait partie de la Wilaya de Meknès et est limitée au nord par les provinces de Sidi Kassem et de Taounate, au sud par la zone de Dkhissa, à l'est par la province de Zouagha Moulay Yaakoub et à l'ouest par la zone d'Ain Jemaâ [11].

Elle se compose d'un cercle de 3 Cayadats (Walili, N'zala Beni Amar, Mghassyne), de 6 communes rurales (Walili « 17 douars », Kermet Ben Salem « 11 douars », N'zala Beni Amar « 10 douars », Cherkawa « 16 douars », Mghassyne « 9 douars » et Sidi abdellah Lkhayat « 11 douars ») et d'une commune urbaine (Moulay Idriss) [11].

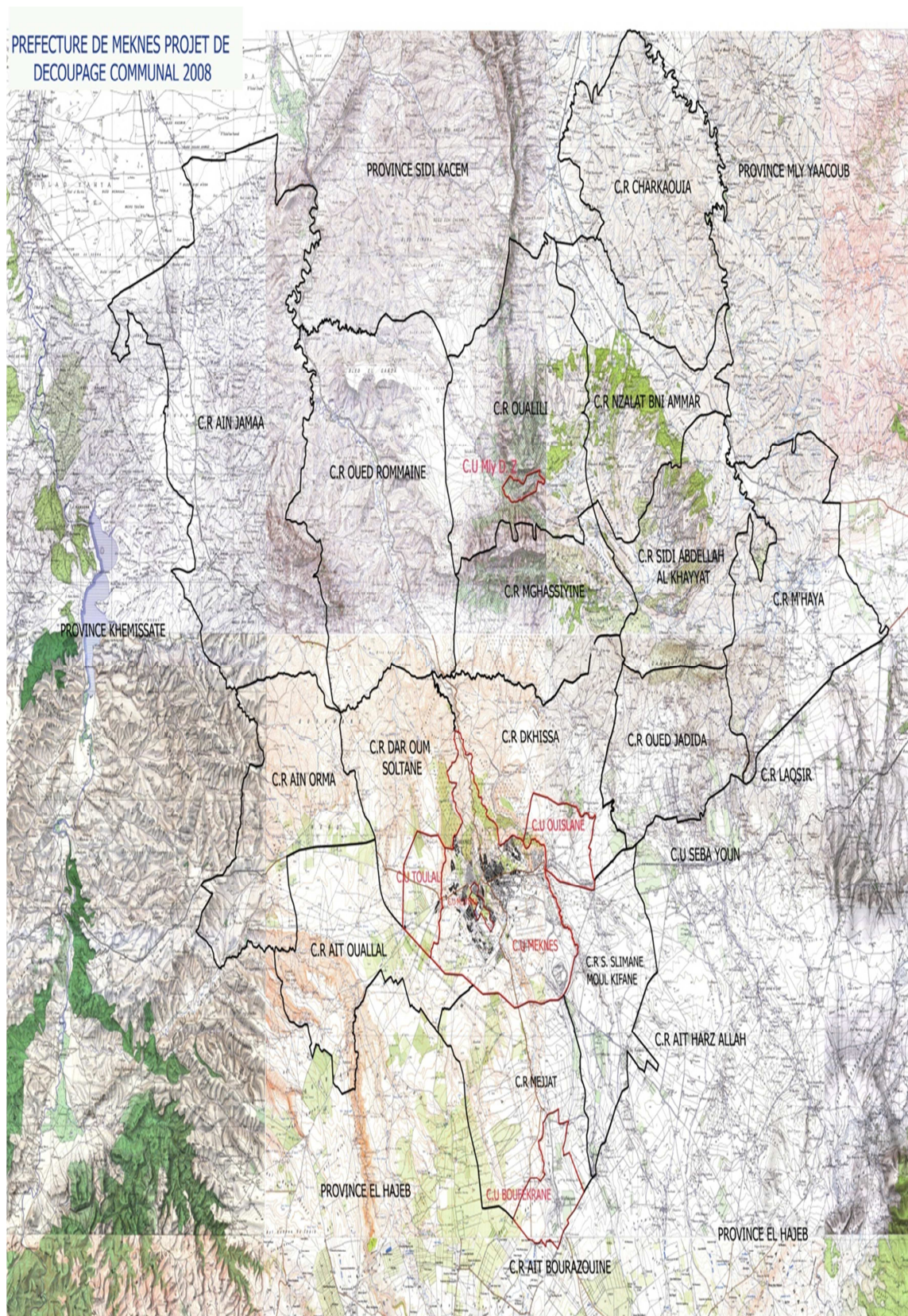


Figure 1 : Découpage administratif de la région de Zerhoun (DPAM, 2010)

2.1.2 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

La région de ZERHOUN relève de l'espace Saïs-Dir-Collines préifaines ; cet espace est doté de conditions naturelles (terres fertiles, climat tempéré) favorables, d'une infrastructure agroindustrielle, de communications, et d'un marché à portée régionale et qui pourrait se développer dans le cadre du bi-pôle Fès-Meknès en un grand marché d'envergure nationale.

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 ENQUÊTES ETHNOBOTANIQUES

L'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie sont des domaines de recherche interdisciplinaires qui s'intéressent spécifiquement aux connaissances empiriques des populations autochtones à l'égard des substances médicinales, de leurs bénéfices potentiels pour la santé et des risques qu'elles induisent; l'ethnobotanique vise en particulier la façon dont les plantes ont été ou sont utilisées, gérées et perçues dans les sociétés humaines, tant les plantes utilisées pour l'alimentation, la médecine, la divination, la cosmétique, la teinture[12].

Aussi, dans le présent travail, seuls les habitants des communes rurales sont concernés par l'étude ethnobotanique ; ceux-ci, étant au quotidien en contact avec la nature, auraient fort probablement recours aux plantes aromatiques et médicinales. Une autre série d'enquêtes fut menée auprès d'herboristes, dans la commune urbaine « Cité de Moulay Driss Zerhoun ».

Ainsi, depuis le début du mois de février jusqu'à la fin de mai 2014, 19 Douars ont été investis, couvrant les six communes rurales de Zerhoun. La répartition des douars est comme suit : 4 respectivement de Walili et Cherkaoua; 3, respectivement de kermet Ben Salem, N'zala Béni Amar et Sidi abdellah Lkhayat et enfin 2 douars de Mghassyne.

Un total de 350 fiches questionnaires (à raison d'une fiche par enquêté) fut dûment rempli. Au cours d'entretiens individuels, d'une durée d'environ une heure chacun, des informations sur l'enquêté (âge, niveau d'études, situation familiale.....etc).et sur les plantes médicinales utilisées par celui-ci (identité vernaculaire, partie utilisée, mode de préparation, période de collecte, type de plante et usages thérapeutiques et traditionnels) ont été demandées. Toutes les espèces ont été reportées par leurs noms communs.

2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données inscrites sur des fiches brutes ont été transférées dans une base de données et traitées par le logiciel de traitement statistique SPHINX -V5.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DONNEES SUR LE TYPE DE MEDECINE UTILISEE PAR LA POPULATION

Dans la zone d'étude, 79% des enquêtés ont déclaré avoir recours à la médecine traditionnelle (Figure 2-a). L'usage des plantes est surtout pour un but thérapeutique (Figure2-b). Ceci peut être expliqué par le fait que la région de Zerhoun recèle en PAM et que la population dispose d'un grand savoir-faire ancestral en thérapie, notamment en phytothérapie. En outre, pour certains répondants, le bienfondé de l'utilisation des plantes dans les ménages leur permet d'éviter de parcourir de longs trajets vers les centres de santé, et pour d'autres, les frais de soins dépassent de loin leurs moyens. D'ailleurs, seuls 30 % des enquêtés, renonceraient à l'usage des plantes pour les médicaments de synthèse (Figure 2-c).

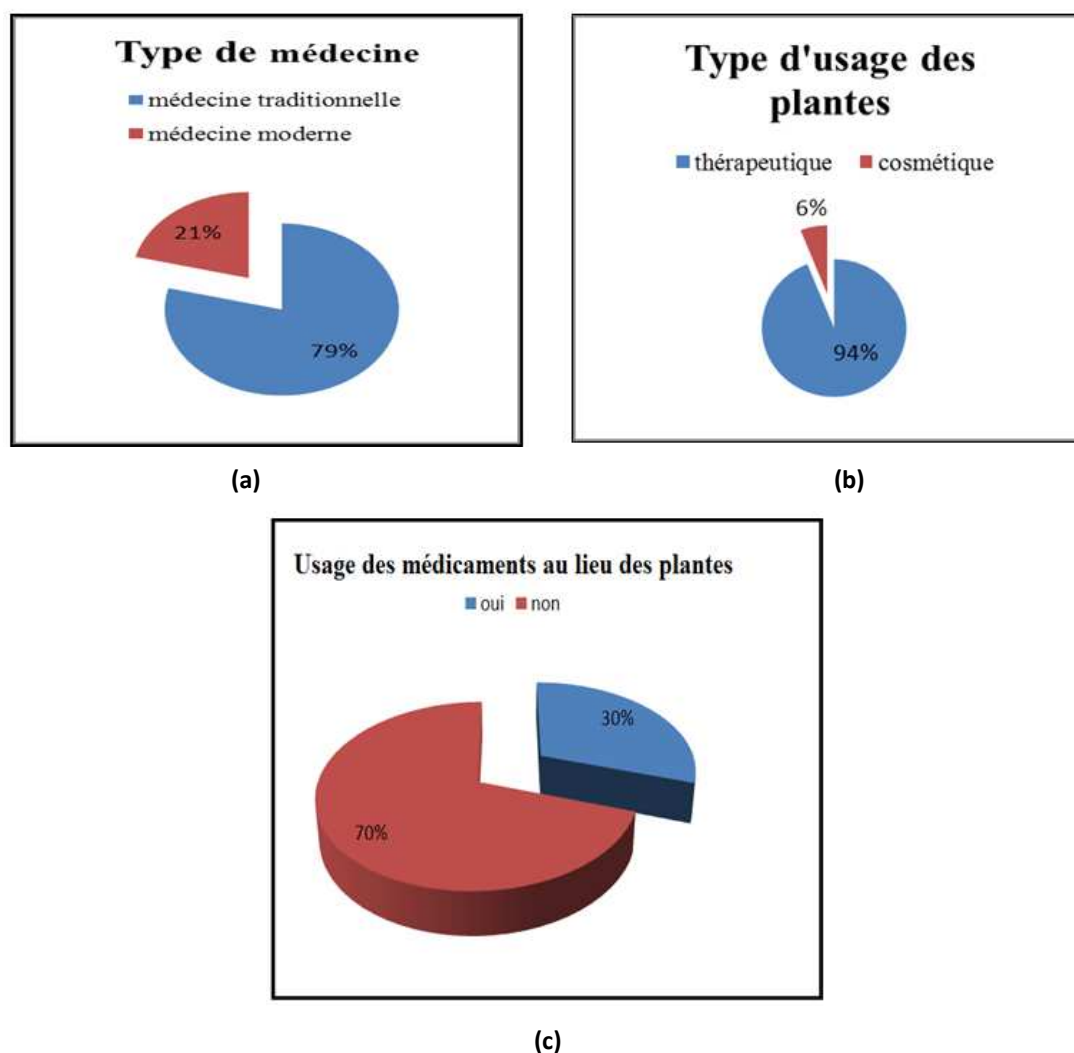


Figure 2 : Données sur le type de médecine utilisée (2-a), sur l'usage thérapeutique des plantes (2-b) et sur la préférence des médicaments aux plantes (2-c)

3.2 DONNEES SUR L'UTILISATION DES PLANTES MEDICINALES DANS LES SOINS DE SANTE

3.2.1 TYPE DE PLANTES, PERIODE ET TECHNIQUES DE RECOLTE

Dans la zone d'étude, la quasi-totalité des plantes utilisées est de type sauvage (Figure 3-a). Ce sont essentiellement des plantes de jours longs puisque leur récolte se fait en printemps et en été (Figure 3-b) ; toutefois, certaines plantes peuvent être récoltées pendant toute l'année.

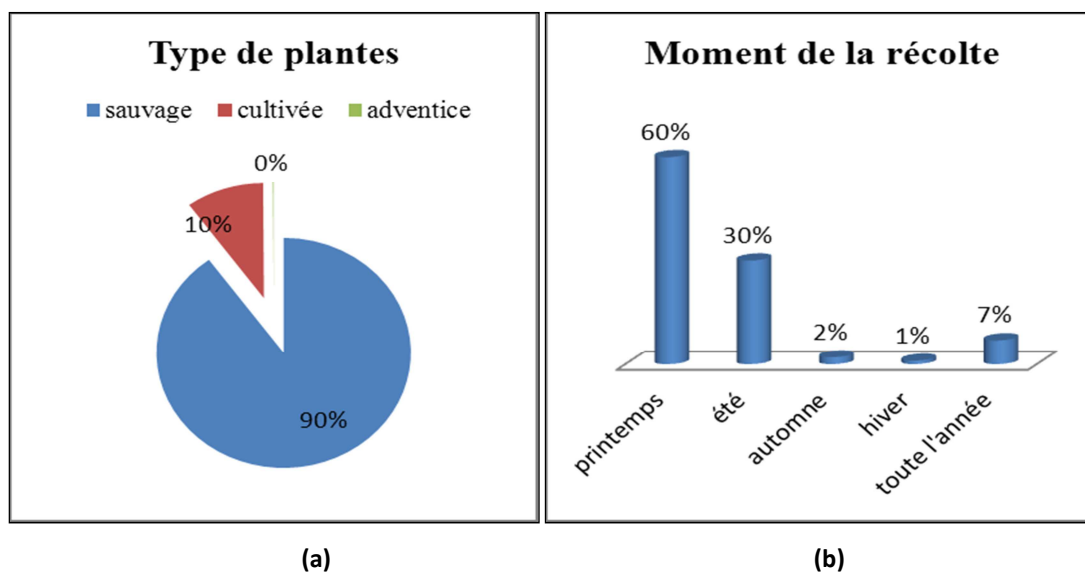


Figure 3 : Type de plantes (3-a) et période de récolte (3-b)

Aussi, l'accès aux plantes se fait essentiellement via la cueillette directe (96 %), de façon 100 % manuelle et seuls 4% des enquêtés achètent des plantes au souk (Figures 4-a et 4-b). ceci prouve que la zone d'étude est dotée d'une grande richesse en plantes aromatiques et médicinales.

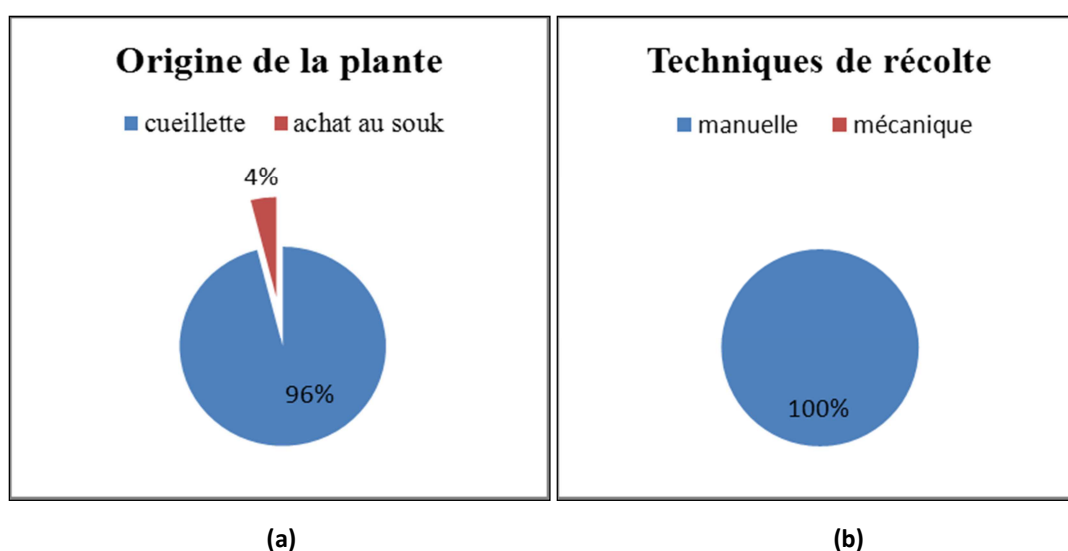


Figure 4 : Origine (4-a) et techniques de récolte des plantes (4-b)

3.2.2 PARTIES DES PLANTES UTILISEES ET MODES DE CONDITIONNEMENT

En médecine traditionnelle, différentes parties des plantes sont utilisées, notamment les feuilles, les fleurs, les racines, le fruit voire la plante entière. Dans la présente étude, le classement des différentes parties utilisées par ordre décroissant est comme suit: la partie aérienne en entier 43.60%, les feuilles 38%, les racines 6.30%, le fruit 4.70%, les fleurs et les graine 3% (Figure 5-a). On remarque une fréquence d'utilisation élevée de la partie aérienne suivie de celle des feuilles, ce qui peut être expliquée par l'aisance et la rapidité de la récolte mais aussi par le fait que les feuilles sont le siège de la photosynthèse et parfois du stockage des métabolites secondaires responsables des propriétés biologiques de la plante.

Ces parties de la plante sont pour la plupart des cas utilisées desséchées du fait qu'elles ne sont pas disponibles toute l'année (Figure 5-b). Le séchage, puis la conservation se font à l'abri de la lumière (Figure 5- c et d) ; cela permet la préservation de la majorité des principes actifs des plantes.

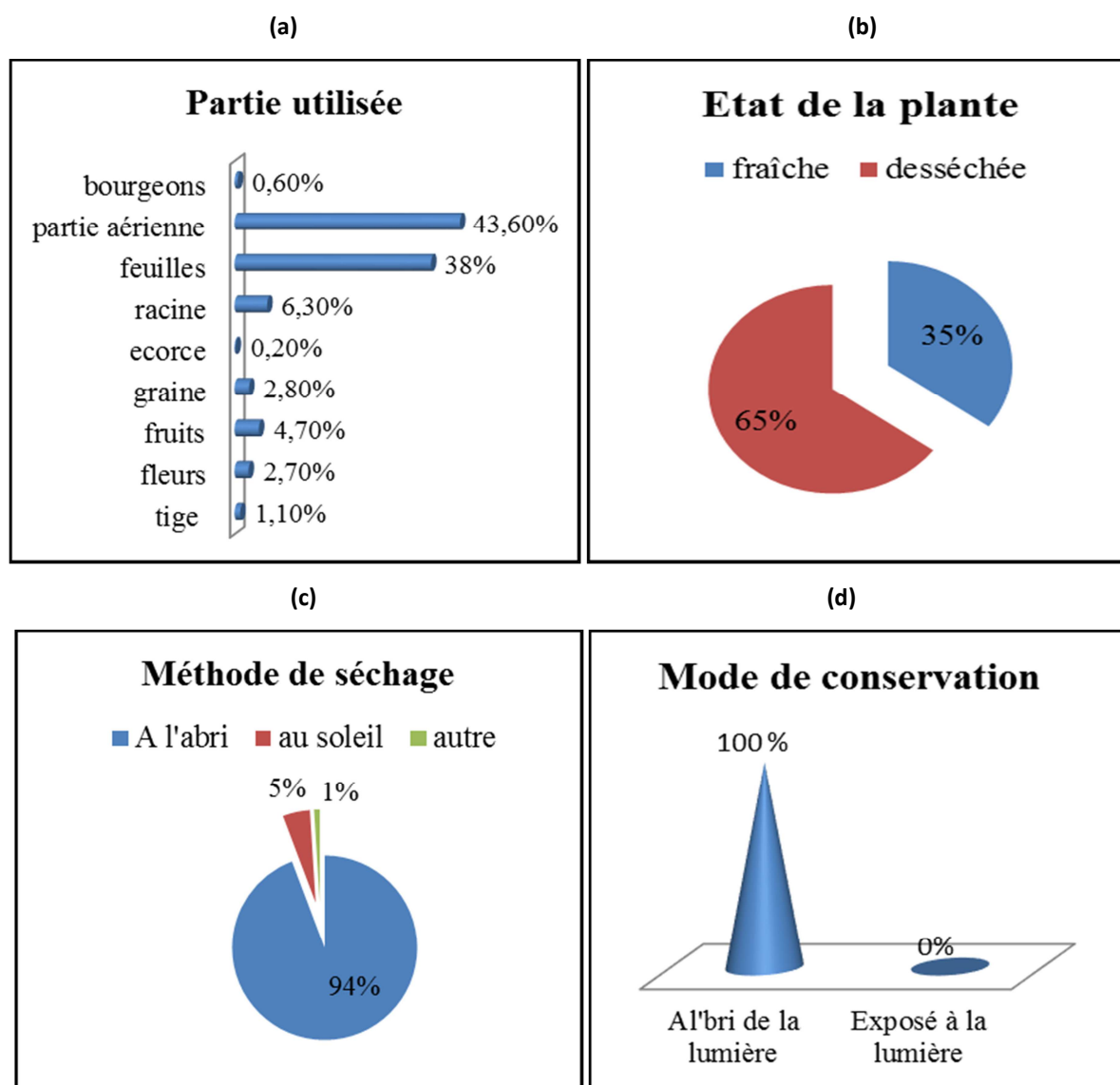


Figure 5 : Parties utilisées et conditionnement

3.2.3 MODES DE PREPARATION ET FORMES D'ADMINISTRATION

Afin de faciliter l'administration des principes actifs de la plante, plusieurs modes de préparation sont employés à savoir la décoction, l'infusion, la poudre, la fumigation, le cataplasme, la macération ; dans la zone d'étude, la décoction reste le mode de préparation le plus utilisé (48 %) et les plantes sont administrées essentiellement par voie orale (75%) et surtout sous forme de tisane (58,80%) (Figure 6-a, b, c).

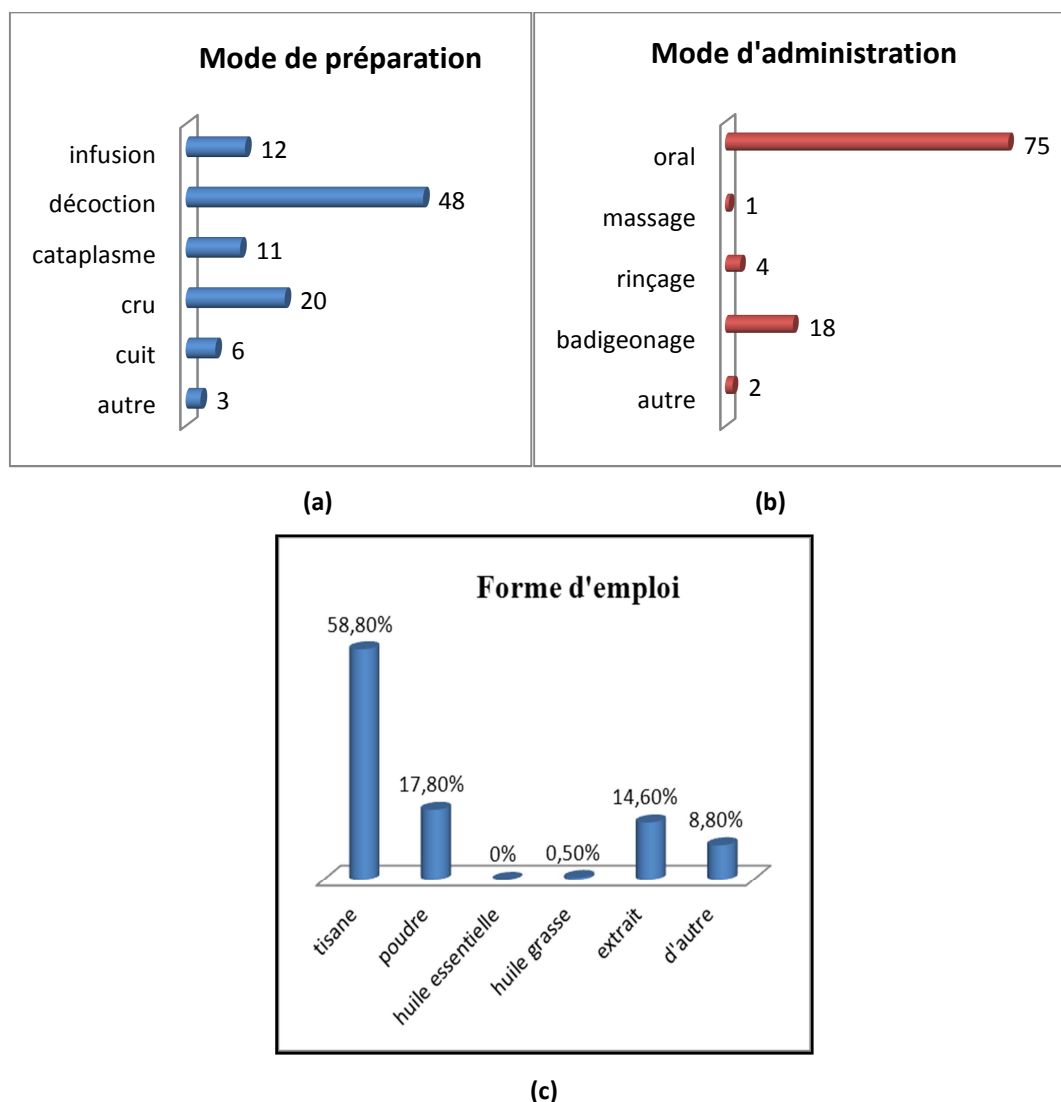


Figure 6 : Modes de préparation (6-a), d'administration (6-b) et formes d'emploi des plantes médicinales (6-c)

Aussi, l'utilisation fréquente du décocté peut être expliquée par le fait que la décoction permet de recueillir le plus de principes actifs et atténue ou annule l'effet toxique de certaines recettes.

3.2.4 MALADIES TRAITÉES

L'enquête ethnobotanique menée dans la région de Zerhoun a permis de répertorier un certain nombre de pathologies traitées par les plantes médicinales dont les plus fréquentes sont dans un ordre décroissant : maladies digestives (37%), maladies respiratoires (14%), maladies rhumatismales (10%), affections ORL (10%) et maladies dermatologiques (8%) (Figure 7).

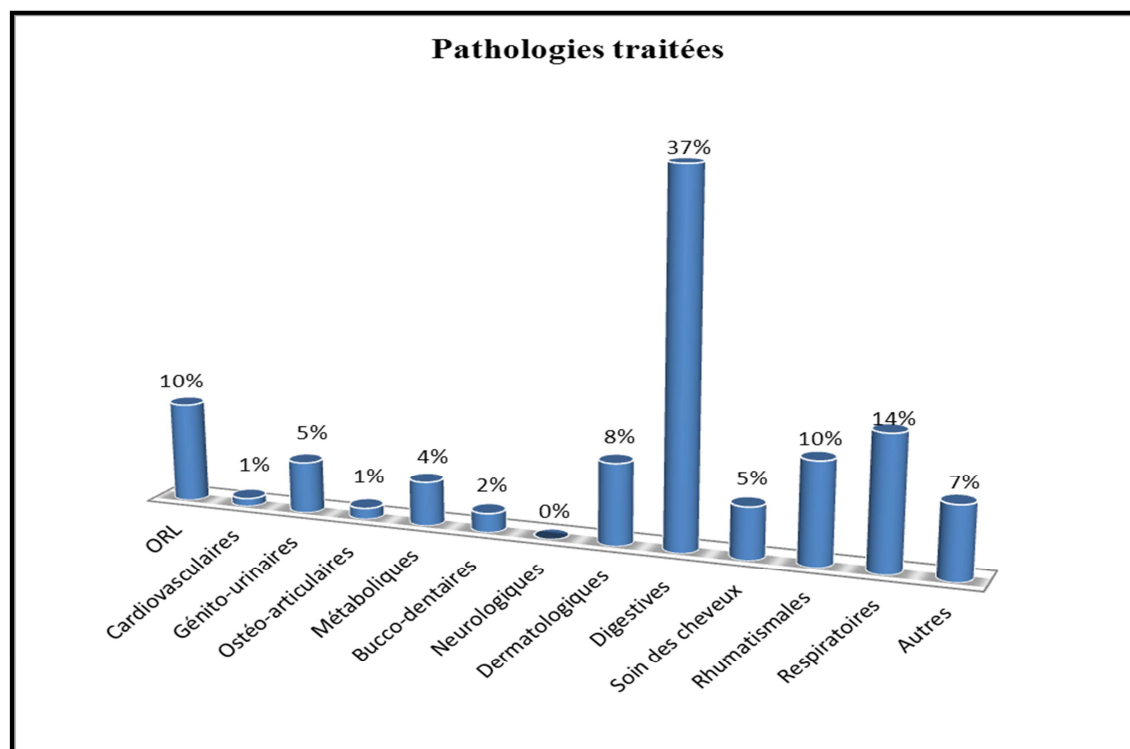


Figure 7 : Pathologies traitées par les plantes médicinales dans la région de Zerhoun

3.3 DONNÉES SUR LA POSOLOGIE

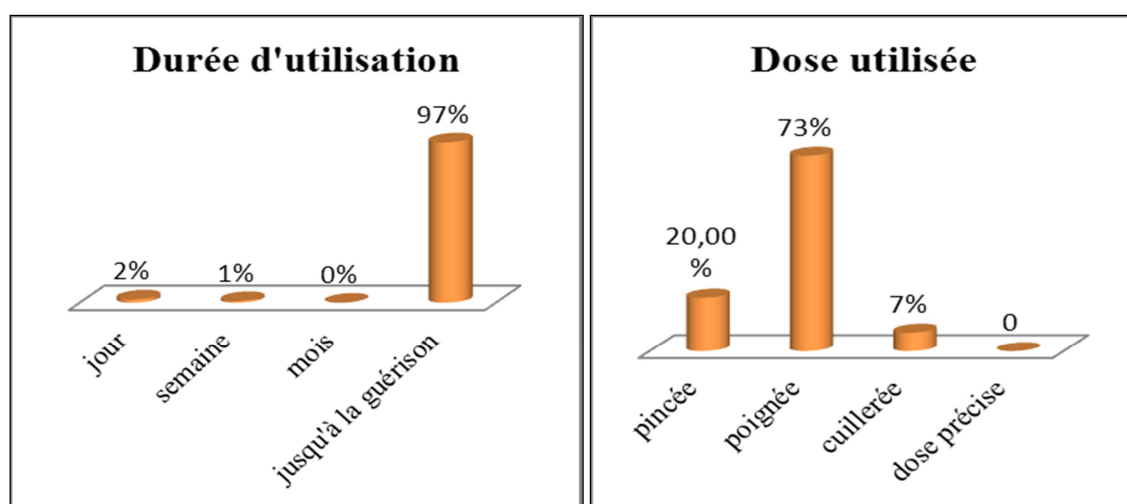


Figure 8 : Posologie et durée d'utilisation des PAM

La poignée est la dose la plus utilisée (73%) et dans la quasi-totalité des cas, cette dose est administrée jusqu'à la guérison (Figure 8). Néanmoins, cette absence de notion de posologie exacte chez la population locale peut se manifester par des effets néfastes sur la santé car il y a souvent une toxicité dose-dépendante [13].

3.3.1 ORIGINE DES INFORMATIONS CONCERNANT L'UTILISATION DES PLANTES MÉDICINALES

La connaissance des propriétés et usages des plantes médicinales est généralement acquise suite à une longue expérience accumulée au fil des années ; ainsi, 96 % de la population enquêtée se réfère aux expériences des parents, pour utiliser des plantes médicinales comme remèdes à des maladies bien déterminées. Ceci reflète la voie de la transmission

relative des pratiques traditionnelles qui se fait d'une génération à l'autre, et qui reste très appréciée par la population (Figure 9).

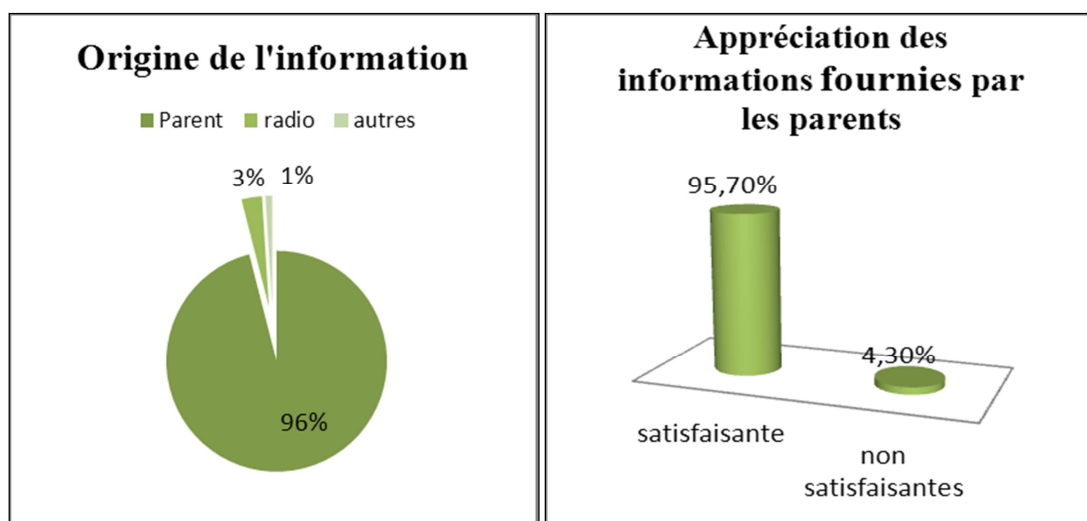


Figure 9 : Origine et appréciation des informations relatives aux plantes médicinales

3.3.2 DIAGNOSTIC ET RÉSULTATS DES SOINS

Presque la totalité des personnes enquêtées diagnostique eux-mêmes leurs maux (95,70%). Ils sont satisfaits des résultats car 68% estiment que les PAM permettent une guérison des maladies traitées et 28% d'entre eux pensent que les plantes utilisées contribuent à une amélioration de leur état de santé, d'autant plus que seuls 10% des enquêtés affirment l'existence de cas de toxicité (Figure 10).

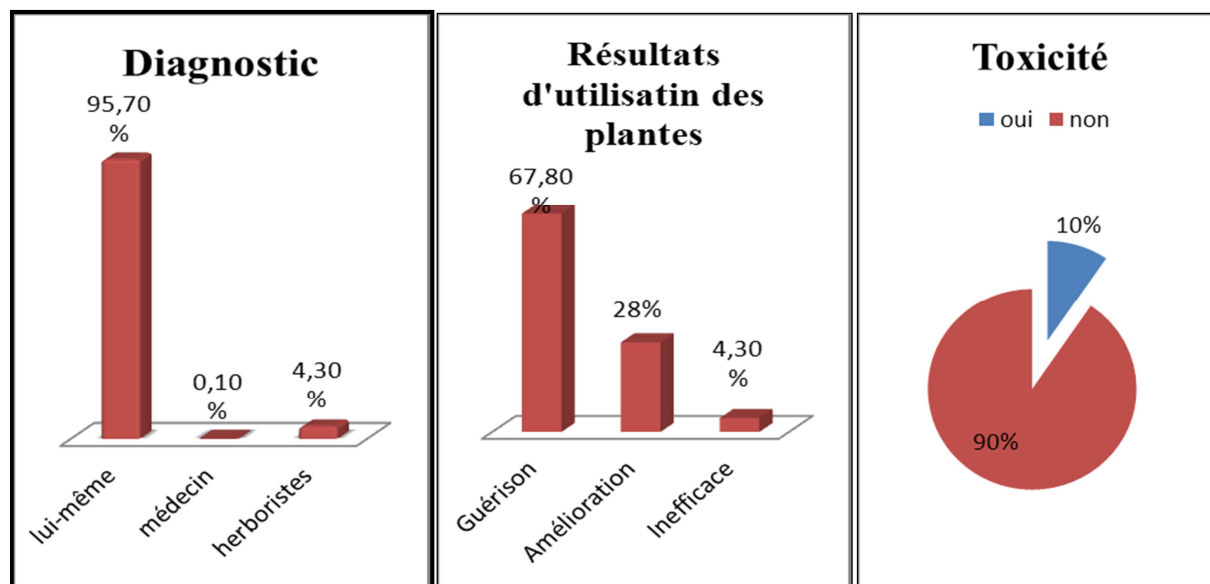


Figure 10 : Résultats des soins par les plantes et toxicité

3.4 ANALYSE FLORISTIQUE

L'analyse floristique des espèces répertoriées sur la base des 350 questionnaires élaborés dans la région Zerhoun montre que 111 espèces, réparties sur 43 familles sont utilisées pour leurs vertus médicinales (Tableau1).

Sur les 43 familles rencontrées, trois familles totalisent à elles seules 36 espèces, soit 32.43 % de l'effectif total avec les Lamiaceae, 15 espèces (13.51 %), les Apiaceae 11 espèces (9.91%) et les Asteraceae 10 espèces (9%). Par contre 22 familles, soit 51.16% ne sont représentées que par une seule espèce.

Quant à la richesse spécifique des genres, *Lavandula*, avec ses trois espèces, occupe le premier rang.

Aussi, d'après les enquêtés, ces plantes sont collectées essentiellement pour les usages domestiques ; la majorité des ménages garde des échantillons de plantes médicinales communes à la maison soit pour leur propre usage ou pour aider les voisins en cas d'urgence. De même, certains d'entre eux vendent ces plantes à l'extérieur des douars, sur la route ou à des guérisseurs et des herboristes de la ville de Moulay Driss, pour des utilisations médicinales. En outre, plus que les trois quarts des plantes utilisées sont sauvages.

Ainsi, cette enquête révèle la richesse de la région en PAM spontanées et L'existence d'un riche et remarquable patrimoine de traditions et de savoir-faire locaux en termes d'usage médicinal et condimentaire.

L'enquête laisse aussi voir la précision dans la connaissance des plantes, acquise par la population locale via le contact direct et continu avec la nature ; en effet, le nom vernaculaire, dans la majorité des cas, correspond à une espèce donnée. Quelques exceptions existent cependant, comme le cas de l'eucalyptus et celui du peuplier où un nom vernaculaire est appliqué respectivement à deux espèces quoique du même genre

4 CONCLUSION

Au terme de l'enquête ethnobotanique menée dans la région de Zerhoun, l'ensemble d'informations collecté montre que la phytothérapie traditionnelle continue à être sollicitée par la population locale. Celle-ci a confiance aux usages populaires et/ou n'a pas les moyens de supporter les conséquences et/ou le coût de la médecine moderne.

L'étude montre d'une part l'attachement de la population au patrimoine traditionnel, surtout dans les douars enclavés où la population locale a su développer au fil du temps un savoir-faire important et des techniques traditionnelles impressionnantes quant à l'usage des plantes aromatiques et médicinales. D'autre part, elle révèle la richesse de la région en plantes médicinales majoritairement spontanées , en ce sens qu'elle constitue un réservoir très riche en biodiversité végétale, qui est par ailleurs consolidée par les potentialités importantes en paysage naturel typique et richesses patrimoniales (vestiges romains de Walili) et culturelles (mausolée de Moulay Driss); Tout cela constitue autant d'atouts à saisir pour le développement durable de la région (tourisme vert, filière Pam, Produits terroirs...)

Aussi, il est très impératif de traduire ce savoir traditionnel, oral, en un savoir scientifique afin de le revaloriser et de le conserver ; il s'agit en fait de sauvegarder en partie, un patrimoine très imparfaitement inventorié, où il reste beaucoup à comprendre, sinon à valoriser. Cela fournirait aux scientifiques des composés d'une valeur inestimable pouvant servir de points de départ au développement de nouveaux médicaments et de produits de bien-être car parmi les produits pharmaceutiques dérivés des plantes et les produits phyto thérapeutiques actuellement utilisés, beaucoup étaient traditionnellement employés par des populations autochtones dans le monde entier.

REMERCIEMENT

Nous remercions sincèrement la population locale de la région de Zerhoun, le service des eaux et forêts du SIBE de Zerhoun et l'équipe de botanique, de la faculté des sciences de l'université Moulay Ismail à Meknès.

REFERENCES

- [1] Neffati et Sghaier, Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région MENA (Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie) Rapport principal du Projet MENA-DELP : Partage des connaissances et de coordination sur les écosystèmes désertiques et les moyens de subsistance au profit de l'Algérie, l'Egypte, la Jordanie, le Maroc et la Tunisie : 143 p, 2014
- [2] Bellakhdar J, La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle : Médecine Arabe Et Savoirs Populaires. Editions Le Fennec, (Ed.) (Eds.), Ibis Press, Casablanca, Maroc : 764p,1997.
- [3] Scherer AM, Motti R, Weckeerle CS, "Traditional plant use in the areas of monte vesole and ascea, cilento national park (compania, southern Italy)". Journal of Ethnopharmacology 97: 129-143, 2005
- [4] HCEFLCD, USAID, Stratégie nationale de développement du secteur des plantes aromatiques et médicinales au Maroc Rapport final : Coordination Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et la lutte Contre la Désertification ; Assistance Technique : Agence Américaine pour le Développement International (USAID) :70 p,2009 .
- [5] HCEFLCD, MAPM et USAID, Stratégie nationale de développement du secteur des plantes aromatiques et médicinales, Agriculture & Agrobusiness Intégrés Rapport préparé à l'intention de l'Agence Internationale pour le Développement International au Maroc par Chemonics International Inc, (Contrat No. 608-M-00-05-00043-01) :66 p, 2008.
- [6] Hseini S et Kahouadji A, "Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental) ". Lazaroa 28: 79-92,2007
- [7] Lewis W.H. et Elvin-LEWIS M.P, Medicinal Plants as Sources of New Therapeutics, Annals of the Missouri Botanical Garden.82 (1):16-24, 1995.
- [8] Svetaz L, Zuljan F, Derita M, Petenatti E ,Tamayo G,Cáceres A, Filho VC, Giménez A, Pinzón R, Zacchino SA and Gupta M. , "Value of the ethnomedical information for the discovery of plants with antifungal properties". A survey among seven Latin American countries, Journal of Ethnopharmacology 127: 137–158, 2010
- [9] Derridj A, Ghemouri G, Meddour R et Meddour-sahar O.. Approche ethnobotanique des plantes médicinales en Kabylie (Wilaya Tizi-Ouzou, Algérie). Proceeding of the International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM 2012. Acta-Horticulturae. Number 997: 4255-433,2009
- [10] Sghaier M et Gammoudi T, Le secteur des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) en Tunisie : importance et opportunités socio-économiques. Revue des Régions Arides, Numéro spécial, Vol II. Actes du séminaire international «Perfume, Aromatic and Medicinal Plants : from production to valorization », 2-4 Novembre 2006, Jerba, Tunisie, 834 p, 2007.
- [11] DPAM, Étude monographique de la région Zerhoun. Direction Provinciale de l'Agriculture de Meknès,2010.
- [12] Choudhary K,Singh M et Pillai U, "Ethnobotanical Survey of Rajasthan, American-Eurasian" Journal of Botany, 1 (2): 38-45,2008
- [13] Benkhniq O, Zidane L, Fadli M, Elyacoubi H, Rochdi A. et Douira A, " Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc)", Acta Botanica Barcinonensia : Vol. 53, 191-216,2011

ANNEXE

Tableau 1 : Plantes aromatiques et médicinales recensées d'après l'étude ethnobotanique menée dans la région de Zerhoun

Nom vernaculaire local	Famille	Nom latin	Nom commun	Type de plante	Partie utilisée	Forme de préparation	Forme d'administration	Pathologies traitées
Assabra; Assabar al ameriqui	1-Agavaceae	<i>Agave Americana L.</i>	L'Agave	Sauvage	Tige, feuille	Cataplasme, cuit	Badigeonnage	Dermatologique, tube digestif
Dro	2-Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus L.</i>	Le Lentisque	Sauvage	Feuille, fruit	Infusé, décocté, cru	Oral, badigeonnage	Tube digestif, dermatologique
Alkazbour; Kessbour	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Coriandrum sativum L.</i>	Le Coriandre	Cultivé	Graine	Cru	Oral	Tube digestif
Al maâdnous	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Petroselinum sativum Hoffman</i>	Le persil	Cultivé	Feuille, plante entière	Décocté, cataplasme	Badigeonnage	Génito-urinaire, rhumatologie, soin de la peau
L'Krafess cultivé	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Apium graveolens L.</i>	Le céleri	Cultivé	Feuille, plante entière	Décocté, cru	Oral, badigeonnage	Tube digestif, rhumatologie
Al camoun soufi	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Ammodaucus leucotrichus Coss & Dur</i>	Le cumin velu	Sauvage	graine	Cru	Oral	Tube digestif
Bechnikha	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Cuminum cyminum L.</i> <i>Ammi visnaga (L.) Lam</i>	Le cumin <i>Khella</i>	Sauvage	Fruit, graine	Infusé, décocté, cru,	Oral	Bucco-dentaire
Boubal; L'kellikha	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Ferula communis L.</i>	Le faux fenouil; La férule	Sauvage	Fleur, plante entière, bourgeon	Cuit	Oral	Rhumatologie
Bû- zfûr	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Daucus crinitus Desf.</i>		Sauvage	Racine	Cru, cuit	Oral	Tube digestif, Rhumatologie
Besbass	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Foeniculum vulgare subsp. vulgare Miller = F. officinale All</i>	Le fenouil cultivé	Sauvage	Fruit, racine	Cru, cuit	Oral, badigeonnage	Tube digestif
Yabû; Tufsa; Kuleyhâ	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Elaeoselinum asclepium (L.) Bertol = E. asclepium subsp. Meoides (Desf.) Fiori</i>	La petite férule	Sauvage	Plante entière	pilée	Cataplasmes	Céphalées
Nanoukha	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Ptychotis verticillata Dub Ammoides pusilla (brot.) Breistr = A. verticillata (Desf.) Briq. = Carum ammoides Benth & Hook</i>	--	Sauvage	Plante entiere	Infuse, décocté	Oral, badigeonnage, rinçage, massage	Tube digestif, rhumatologie
Ziyata	3-Apiaceae (umbelliferae)	<i>Apium nodiflorum (L.) Lag = Helosciadium nodiflorum (L.) Koch</i>	--	Sauvage	Plante entière	Cuit	Oral	Tube digestif, rhumatologie
Defla	4-Apocynaceae	<i>Nerium oleander L.</i>	Le laurier rose	Sauvage	Fleur, feuille	Décocté, cataplasme	Oral, badigeonnage, fumigation	Métabolique, dematologique, fièvre
Berztem	5-Aristolochiaceae	<i>Aristolochia paucinervis Pomel = A. longa subsp paucinervis (Pomel) batt</i>	L'Aristolochie	Sauvage	Racine	Décocté, cru	Oral	Métabolique, dermatologique, tube digestif, rhumatologie
Basla	6-Liliaceae SI (Alliaceae)	<i>Allium cepa L.</i>	L'Oignon	Cultivé	Fleur, racine	Décocté, cru	rinçage	Génito-urinaire, dermatologique
Tuma		<i>Allium sativum L.</i>	L'Ail	Cultivé	Racine	Cru, cuit	Oral	Métabolique
Berwag		<i>Asphodelus microcarpus Salzm & Viv</i>	L'Asphodèle	Sauvage	Racine	Cataplasme, cru	Badigeonnage	Dermatologique
Bassila; Ansal; bssel eddib	6-Liliaceae SI (Asphodelaceae)	<i>Urginea maritima (L.) Baker</i>	L'urginée (la scille)	Sauvage	Racine	Cru, cuit	Oral, autre	ORL, tube digestif
Sekkoum; Tazzût	6-Liliaceae SI (Asparagaceae)	<i>Asparagus officinalis</i>	L'Asperge officinale	Sauvage	Racine, feuille, bourgeon	Décocté, cuit	Oral	Tube digestif, rhumatologie,
Doum; Azef	7-Arecaceae =Palmae	<i>Chamaerops humilis L.</i>	Le palmier nain	Sauvage	Fleur, feuille	Décocté, cru	Oral	Tube digestif,

Chih	8-Asteraceae = Compositae	<i>Artemisia herba-alba</i>	L'Armoise blanche	Sauvage	feuille	Décocté	Oral	Génito-urinaire, métabolique, tube digestif
Ud el áttas ; tigentest	8-Asteraceae = Compositae	<i>Anacyclus pyrethrum</i> L.	Le Pyrèthre d'Afrique	Sauvage	racine	décocté	rinçage	Bouche
Jemra; âzwiwel	8-Asteraceae = Compositae	<i>Calendula arvensis</i> L.	Le souci des champs	Sauvage	Fleur, plante entière	Décocté, cru, cuit	Oral, massage	Tube digestif, soin de la peau
Tafgha	8-Asteraceae = Compositae	<i>Rhaponticum acaule</i> (L.) DC = <i>Centaurea chamaerhaponticum</i> Ball	La Centaurée acaule	Sauvage	Racine	Cru	Oral	Génito-urinaire, tube digestif
Terhalâ ; mâgrâmân	8-Asteraceae = Compositae	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter <i>Inula viscosa</i> Ait.	L'Aunée visqueuse	Sauvage	Graine, racine, feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, rinçage, badigeonnage	ORL, génito-urinaire, buccodentaire, dermatologique, tube digestif, rhumatologie, fièvre
Chiba	8-Asteraceae = Compositae	<i>Artemisia arborescens</i> L.	L'Absinthe cultivée	Sauvage	Plante entière	Infusé	Oral	Tube digestif
El kannaria ; Kanaria ;Khorche f ; L'quoq el beldi	8-Asteraceae = Compositae	<i>Cyanara cardunculus</i> L.	Le cardon à côtes	Cultivés	Feuille	Décocté	Oral	Métabolique, dermatologique
L'quoq	8-Asteraceae = Compositae	<i>Cynara scolymus</i> L. = <i>C. cardunculus</i> ssp. <i>scolymus</i> L.	L'Artichaut cultivé					
Albabounaj cultivé	8-Asteraceae = Compositae	<i>Matricaria camomilla</i> L.	La camomille allemande ; La Matricaire	cultivé	Plante entière	Infusé, décocté, cru	Oral, rinçage	ORL, génito-urinaire, bucco-dentaire, tube digestif, rhumatologie, calmant, soin des cheveux
Dad ; addâd	8-Asteraceae = Compositae	<i>Atractylis gummifera</i> L.	Le Chardon à glu	Sauvage	Plante entière	Cataplasme, cru, cuit	Badigeonnage, fumigation	Soin de la peau, rhumatologie, abcès
Hab rchad; l'Harf	9-Brassicaceae = Cruciferae	<i>Lepidium sativum</i> L.	Le cresson alénois	Sauvage, cultivé	Graine, feuille	Cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Dermatologique, rhumatologie, fièvre
Left	9Brassicaceae =Cruciferae	<i>Brassica napus</i> L.	Le Navet	Cultivés	Racine	Cru	Oral	ORL, respiratoire, fièvre
Left l'mahfour	9-Brassicaceae =Cruciferae	<i>Brassica rapa</i> L.	La Rave					
Fjel	9-Brassicaceae =Cruciferae	<i>Raphanus sativus</i> L.	Le Radis	Cultivé	Plante entière	Décocté	Oral	Tube digestif
handia ; Zaâboul	10-Cactaceae	<i>Opuntia ficus-barbarica</i> A.Berger	Le figuier de barbarie	Sauvage, cultivée	Fruit, tige, bourgeon	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage, rinçage	Cardiaque, génito-urinaire, métabolique, tube digestif, soin de la peau et des cheveux, fièvre
Kebbar ; Taglulut ; Afsas	11-Capparaceae	<i>Capparis spinosa</i> L.	Le Câprier commun	Sauvage	Fruit, graine	Infusé, cru	Oral, rinçage	Ostéo-articulaire, rhumatologie
Mkhinza	12-Chénopodiaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i> .	--	Sauvage	Feuille, plante entière	Décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Bucco-dentaire, dermatologique, tube digestif, fièvre, maux de tête
Herras lehjir	13-Caryophyllaceae	<i>Herniaria cinera</i> DC. = <i>H. lenticulata</i> L.	L'Herniaire	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral	Génito-urinaire, tube digestif
Serghina; tasserghint	13-Caryophyllaceae	<i>Corrigiola telephiifolia</i> Pourret	La Corrigiole à feuilles de téléphium	Sauvage	Racine, plante entière	Décocté	Oral	Métabolique, tube digestif

Aâraâr	14-Cupressaceae	<i>Tetraclinis articulata (Vahl) Masters.</i>	Le Thuya de berbérie	Sauvage	feuille	Décocté	Oral	Tube digestif
Bakhnou ; Sasnou	15-Ericaceae	<i>Arbutus unedo L.</i>	L'Arbousier	Sauvage	Racine	Infusé, décocté	Oral	Ostéo-articulaire, métabolique, tube digestif
Hayyat en-nufûs ; Haliba	16-Euphorbiaceae	<i>Euphorbia falcata L.</i>	L'Euphorbe	Sauvage	Feuille, tige, plante entière	Infusé, décocté	Oral	Cardio-vasculaire, génito-urinaire, tube digestif, rhumatisme, respiratoire
Hriga melsa	16-Euphorbiaceae	<i>Mercurialis perennis L.</i>	La Mercuriale perenne	Sauvage	Plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Génito-urinaire, métabolique, dermatologique, tube digestif, soin de la peau, rhumatologie
Hriga melsa	16-Euphorbiaceae	<i>Mercurialis annua L. =M. ambigua L.fil</i>	La Mercuriale annuelle					
Kherouaâ ; Ūwriwra	16-Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Le Ricin	Sauvage	Feuille	Cataplasme	Badigeonnage	Soin des cheveux
Gosset I-hayya	17-Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea Rafn.</i>	La Houppette du serpent ; La petite Centaurée	Sauvage	Plante entière	Infusé, décocté	Oral, badigeonnage	Cardio-vasculaire, tube digestif, respiratoire, maux de tête
Guergaâ ; Swak Ssmâr	18-Juglandaceae	<i>Juglans regia L</i>	Le Noyer	Cultivé	Feuille	Décocté	Rinçage	Soin des cheveux
	19-Juncaceae	<i>Juncus acutus L.</i>	Le Jonc	Sauvage	--	--	--	--
Merdeddouch	20-Lamiaceae	<i>Origanum majorana L = Majorana hortensis Moench.</i>	La Marjolaine	Sauvage, cultivée	Plante entière	Infusé, décocté	Oral	Tube digestif, rhumatologie
Marsita; Mchichtrou	20-Lamiaceae	<i>Mentha rotundifolia (L.)Hudson =Mentha suaveolens Ehrh.</i>	La Menthe à feuilles rondes	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral, badigeonnage	Ostéo-articulaire, tube digestif, rhumatologie, respiratoire
Marriout, Almariwa-Mriwt	20-Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare L.</i>	Le Marrube blanc	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage, suppositoire, nez, oreille	ORL, cardio-vasculaire, métabolique, dermatologique, tube digestif, rhumatologie, respiratoire
Azir; Yazir; Klil	20-Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Le Romarin	Cultivé dans la région	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral, rinçage	Génito-urinaire, métabolique, tube digestif, soin des cheveux, autre, rhumatologie
Zaâtar; sahtar	20-Lamiaceae	<i>Origanum compactum Benth.</i>	L'Origan compact	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral, rinçage	Génito-urinaire, dermatologique, tube digestif, respiratoire
Fliou dial mâ	20-Lamiaceae	<i>Mentha pulegium, L.</i>	La Menthe pouliot	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral	ORL, génito-urinaire, tube digestif, rhumatologie
L'hbak	20-Lamiaceae	<i>Ocimum basilicumL.</i>	Le Basilic	Cultivé	feuilles	Infusé	Oral	Tube digestif
Chandgoura	20-Lamiaceae	<i>Ajuga iva (L.)Schreber = Teucrium iva L.</i>	L'Ivette; Le Bugle	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, rinçage, badigeonnage	Cardio-vasculaire, métabolique, tube digestif, soin des cheveux, rhumatologie, affection oculaire
Halhal	20-Lamiaceae	<i>Lavandula Stoechas L.</i>	La lavande stéchade; Lavande papillon	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cuit, cataplasme	Oral, badigeonnage	Génito-urinaire, tube digestif, dermatologique, rhumatologie, respiratoire
Salmia	20-Lamiaceae	<i>Salvia officinalis L.</i>	La sauge officinale (cultivée)	Sauvage, cultivée	Feuille, plante entière	Infusé, décocté	Oral, rinçage	Genito-urinaire, métabolique, tube digestif, soin des

								cheveux, rhumatologie, calmant
Menta	20-Lamiaceae	<i>Satureja calamintha (L.)Scheele</i> = <i>Satureja nepeta(L.)Scheele</i> = <i>Calamintha nepeta (L.)Sav i</i>	Le Calament	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cuit	Oral	Génito-urinaire, tube digestif, rhumatologie, respiratoire
Kohila	20-Lamiaceae	<i>Lavandula multifida</i> L.	La lavande multifide	Sauvage	Feuille, plante entière	Décocté, cuit	Oral	ORL, tube digestif, rhumatologie, respiratoire
Zâitra	20--Lamiaceae	<i>Thymus bleicherianthus</i> Pomel	Le Thym	Sauvage	Plante entière	Décocté	Oral	Tube digestif
Khiyata	20--Lamiaceae	<i>Salvia verbenaca (L.)Briq</i>	La Sauge verveine	Sauvage	Feuille	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Génito-urinaire, dermatologique, tube digestif, respiratoire
Khzama	20—Lamiaceae	<i>Lavandula angustifolia</i> P.Mill	La lavande officinale	cultivée	Fruit, feuille, plante entière	Décocté	Oral, rinçage	Génito-urinaire, tube digestif, rhumatologie, soin des cheveux et de la peau
Alkharoub ; Sligwa	21-Leguminosae (Cesalpiniaceae)	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Le Caroubier	Sauvage, cultivée	Feuille, fruit, écorce	Décocté, cru	Oral	Tube digestif, rhumatologie
Habba souda; Znîna	21-Leguminosae (Cesalpiniaceae)	<i>Cassia absus</i> L.	Le Cassis	Sauvage	Graine	Cru	Oral	Calmant
El fûl; Ibaouène	21-Leguminosae (Fabaceae)	<i>Vicia faba</i> L.	La fève	Cultivée	Graine	Cuit	Oral	Respiratoire
El Halba	21-Leguminosae (Fabaceae)	<i>Trigonella foenum-graecum</i> , L	Le Fenugrec	Sauvage, cultivé	Fruit, graine	Infusé, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Tube digestif, soin de la peau, métabolique
Bakkoula ; Khobiza	22-Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.	La grande Mauve	Sauvage	Plate entière	cuit	orale, badigeonnage	Métabolique, dermatologique, tube digestif, rhumatologie
Khobbiza ; Tibbi		<i>Lavatera olbia</i> L.	--					
l'karmous ; El Kerma	23-Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Le figuier	Sauvage, cultivée	Fruit	Cru	Oral	Génito-urinaire, tube digestif
L'Kif	23-Moraceae	<i>Cannabis sativa</i> L.	Le Chanvre indien	Cultivé	Graine	Cataplasme	badigeonnage	Soin des cheveux
Kalitus	24-Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.	L'Eucalyptus	reboisé	Feuille	Décocté, cru,	Oral, badigeonnage, fumigation	Dermatologique, tube digestif, fièvre
Kalitus,		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.						
Rayhane	24-Myrtaceae	<i>Myrtus communis</i> L.	Le Myrte	Cultivé	Plante entière	Infuse	Oral	Fatigue
Azzaytoun	25-Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L.	L'olivier cultivé	Sauvage	Fruit, feuille	Infusé, décocté, cru	Oral, massage, rinçage, badigeonnage	Ostéo-articulaire, métabolique, bucco-dentaire, tube digestif, dermatologique, rhumatologie, oncologie
Azzaytoun el-berri; zebbouj	25-Oleaceae	<i>Olea europea subsp oleaster</i> (.Hoff & Link)Negodi	L'Oléastre ; L'Olivier sauvage	Sauvage	Feuille	Décocté	Oral, rinçage, badigeonnage	Métabolique, bucco-dentaire, tube digestif, rhumatologie
Belaâmane ; Bughemmu ; Takkouk	26-Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Le Coquelicot	Sauvage	Feuille, plante entière	Cataplasme	Oral, rinçage	Soin des cheveux, calmant, fièvre, génito-urinaire
Sanouber; Taida	27-Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Mill .	Le Pin d'Alep	Sauvage	Ecorce	Cru	Badigeonnage	dermatologique
Mssasa	28-Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	Le grand plantain	Sauvage	Feuille, plante entière	Cataplasme, cru	Badigeonnage	Dermatologique
Rjel l-ghrab	28-Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus</i> L.	--	Sauvage	Feuille, plante	Infusé, cataplasme,	Oral, badigeonnage	Métabolique, dermatologique,

					entière	cuit		rhumatologie
Swak erraayan	29-Plumbaginaceae	<i>Plumbago europea L.</i>	La Dentellaire ; La Malherbe	Sauvage	Racine, feuille, plante entière	Cataplasme	Badigeonnage	Ostéo-articulaire, dermatologique, rhumatologie
Leksseb	30-Poaceae = Graminae	<i>Phragmites communis Trin.</i>	Le Roseau commun	Sauvage	Racine	Cru	Badigeonnage	Dermatologique
Hommayda	31-Polygonaceae	<i>Rumex acetosa L.</i>	L'Oseille sauvage	Sauvage	Feuille	Cuit	Oral	métabolique
Wadmû	31-Polygonaceae	<i>Polygonum aviculaire L.</i>	La Renouée	Sauvage	Racine, feuille	Infusé, décocté, cataplasme, cru, cuit	Oral, badigeonnage	Ostéo-articulaire, dermatologique, tube digestif, rhumatologie
Rejla ; Baquola hamda	32-Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea L.</i>	Le Pourpier potager	Sauvage	Feuille	Cuit	Oral	Métabolique
Romane	33-Punicaceae	<i>Punica granatum L.</i>	Le Grenadier	cultivé	Fruit	Décocté, cru	Oral, badigeonnage	Bucco-dentaire, tube digestif, soin des cheveux
Amliles ; Mliles	34-Rhamnaceae	<i>Rhamnus alaternus L.</i>	L'Alaterne	Sauvage	Racine, feuille	Décocté, cuit	Oral	Métabolique, tube digestif, ictère
Nbeg ; Sedra	34-Rhamnaceae	<i>Zyziphus lotus L.</i>	Le Jujubier	Sauvage	Fruit	Cru	Oral	Génito-urinaire, tube digestif
Wdnin lhalouf	35-Ranunculaceae	<i>Ranunculus bullatus L.</i>	La Renoncule	Sauvage	Feuille, racine	Cru, cuit	Badigeonnage, oral	Génito-urinaire, dermatologique, rhumatologie
Tabgha; Sermû; Akhlij; Tût ; Aâlig "Khachab"	36-Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius Schott</i>	La Ronce	Sauvage	Feuille	Cataplasme, cru	Badigeonnage, suppositoire	Dermatologique, hémorroïdes
Louz	36-Rosaceae	<i>Prunus amygdalus stokes = Prunus dulcis (miller)D.A Webb</i>	L'Amandier doux	cultivé	Graine	Cru	Oral, badigeonnage	Métabolique, soin des cheveux
Admam	36-Rosaceae	<i>Crataegus monogyna =Crataegus oxyacantha subsp maura(L.fil)Maire</i>	L'Aubépine	Sauvage	Feuille, fleur	Décocté, cru	Oral	Génito-urinaire, tube digestif
El Ward el-beldi	36-Rosaceae	<i>Rosa centifolia Mill.</i>	La Rose pale; La Rose de Mai	Cultivé	Fleur	Décocté	Oral	Tube digestif
Larnef	37-Rutaceae	<i>Citrus aurantium L.</i>	L'Oranger amer ; Le Bigaradier	Cultivé	fleur	Cru	Rinçage	Génito-urinaire
L'fijel ; Awerfî	37-Rutaceae	<i>Ruta chalepensis L.</i>	La Rue sauvage	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru, cuit, réchauffé avec huile d'olive	Oral, rinçage, massage, badigeonnage, oreille	ORL, cardio- vasculaire, ostéo- articulaire, dermatologique, tube digestif, soin des cheveux, rhumatologie, respiratoire, autre
Sefsaf	38-Salicaceae	<i>Populus alba L.</i>	Le Peuplier blanc	Sauvage	Feuille	Décocté	Oral	Tube digestif
Sefsaf		<i>Populus nigra L.</i>	Le Peuplier noir					
Buqnîna ; Aneb eddib	39-Solanaceae	<i>Solanum nigrum L.</i>	La Morelle noire	Sauvage	Feuille	Cuit	Oral	Tube digestif
Sikrân; Gengit, Bunarjuf	39-Solanaceae	<i>Hyoscyamus niger L.</i>	La Jusquiame noire	Sauvage	Graine, feuille	Cataplasme	Badigeonnage, suppositoire, fumigation	Dermatologique, parasitaire
Gengit, Bunarjuf	39-Solanaceae	<i>Hyoscyamus albus L.</i>	La Jusquiame blanche					
Bed l-ghul; Taryâla	39-Solanaceae	<i>Mandragora autumnalis Bertol = Mandragora officinalis L.</i>	La Mandragore	Sauvage	Racine, feuille	Cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Ostéo-articulaire, métabolique, rhumatologie
Lezzâz ; Alzaz	40-Thymelaeaceae	<i>Daphne gnidium L.</i>	Le Garou	Sauvage	Feuille	Cataplasme, cru	Rinçage, badigeonnage	Soin des cheveux
Harrigua	41-Urticaceae	<i>Urtica pilulifera L.</i>	L'ortie romaine ; L'ortie à	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme,	Oral, badigeonnage	Métabolique, dermatologique, tube digestif, soin

			pilules			cru		des cheveux, rhumatologie
Harrigua Harcha	41-Urticaceae	<i>Urtica urens L</i>	L'Ortie grièche ; L'ortie brûlante	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Métabolique, dermatologique, tube digestif, soin des cheveux, rhumatologie
Harrigua Harcha	41-Urticaceae	<i>Urtica membranacea Poir</i>	L'ortie menbraneuse	Sauvage	Feuille, plante entière	Infusé, décocté, cataplasme, cru	Oral, badigeonnage	Métabolique, dermatologique, tube digestif, soin des cheveux, rhumatologie
Louwiza	42-Verbenaceae	<i>Lippia triphylla (L'her.) O kuntze</i> = <i>Lippia citriodora H.B & Kunth</i> = <i>Aloysa triphylla (L'her.) Britt</i> = <i>Verbena triphylla L'her.</i>	La Verveine odorante (cultivée) ; La Citronnelle	cultivé	Feuille	Infusé, décocté	Oral	Génito-urinaire, tube digestif, calmant
Baymût	42-Verbenaceae	<i>Verbena officinalis L.</i>	La Verveine officinale	Sauvage	Feuille	Infusé, décocté	Oral	calmant
Dalia; Laâneb	43-Vitaceae	<i>Vitis vinifera L</i>	La Vigne ; Le raisin	Cultivé	Feuille	Infusé	Oral	Tube digestif

Apport des éléments traces métalliques des eaux de la mine souterraine de Kipushi à la rivière Kafubu (RD Congo)

[Contribution of trace metals in water from the underground mining of Kipushi in Kafubu river (DR Congo)]

Muyumba Nonga Welcome¹, Kapasi Kambuyi Victor¹, Kalonda Mutombo Emery², Mbayo Kitambala Marsi², Tshisand Tshibwid Patrick², Chipeng Kayemb François³, Ngoy Kihuya Edward¹, and Lumbu Simbi Jean Baptiste²

¹Laboratoire de chimie, Département de Chimie-physique, Section sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogie de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

²Laboratoire des substances naturelles, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

³Laboratoire de Biologie, Département de Biologie-Chimie, Section sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2016 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 metal pollution levels after water from the underground mine Kipushi located south of the Democratic Republic of Congo in the Kafubu River. To achieve this, the waters were sampled at three sampling campaigns (February, March and April of 2012) from the drain into the Katapula Kafubu River downstream of the confluence with the river Kipushi. It has been shown that cadmium and zinc values at 83.3% and 66.7% respectively were higher than those of the standard set by the European Union and 16.7%, 66.7% are higher as the Mining Regulations of the Democratic Republic of Congo for liquid effluents. Moreover, these high levels could pose health risks to the local population of Kafubu River. Our results serve as a warning bell to national environmental policies to protect the people living in a mining environment.

KEYWORDS: Effluent, pollution, environment, runoff and population.

RESUME: Cette étude a pour objet l'évaluation du taux de pollution métallique issue des eaux de la mine souterraine de Kipushi située au Sud de la République Démocratique du Congo dans la rivière Kafubu. Pour y parvenir, des prélèvements d'eaux ont été effectués au cours de trois campagnes d'échantillonnage (février, mars et avril de l'année 2012) à partir du drain Katapula jusque dans la rivière Kafubu en aval de la confluence avec la rivière Kipushi. Il a été démontré que les valeurs de cadmium et de zinc respectivement à 83,3 % et 66,7 % sont plus élevées que celles de la norme fixée par l'Union Européenne et 16,7 %, 66,7 % de ces mêmes métaux sont plus élevées que celles du Règlement Minier de la République Démocratique du Congo pour les effluents liquides. Par ailleurs, ces teneurs élevées pourraient constituer des risques sanitaires pour la population riveraine de la rivière Kafubu. Nos résultats serviront de sonnette d'alerte aux politiques environnementales nationales visant à protéger les populations riveraines dans un environnement minier.

MOTS-CLEFS: Effluent, pollution, environnement, ruissellement et population.

1 INTRODUCTION

La pollution de l'environnement, plus particulièrement du sol et des eaux de surface des villes minières du Katanga par les effluents industriels ne date pas d'aujourd'hui [1,2]. Ces dernières années, le spectre de la pollution de la Kafubu, continue à accroître suite aux activités des industries minières très florissantes et de l'exploitation artisanale des substances minérales étendue sur toute sa longueur. En effet, la rivière Kafubu sert de déversoir pour les eaux d'exhaure de la mine souterraine de Kipushi et celles usées de certaines usines métallurgiques de ladite cité minière [3]. En République Démocratique du Congo (RDC), la contamination métallique des écosystèmes a attiré l'attention de nombreux chercheurs [3,4,5,6,7,8,9].

Muteba et ses collaborateurs (2011) ont effectués ses études pendant que les eaux résiduaires d'une entreprise minière à Kipushi, en même temps que celles d'exhaure de la mine se déversaient dans la Kafubu. Ils ont démontré que l'arsenic et les cyanures, polluants toxiques, ont tué les poissons massivement pour la situation du 25 avril 2011. Par ailleurs, nous avons évalué la qualité chimique de l'eau de cette rivière à l'arrêt du fonctionnement de cette entreprise. Cette eau constitue en effet, l'un des aspects de la pollution le plus menaçant pour ces milieux. Par ses effets néfastes, elle pourrait engendrer des situations dangereuses et critiques notamment la perte de toute vie aquatique, l'intoxication métallique de la population riveraine affectant parfois l'équilibre écologique de ces écosystèmes [10]. La pollution due aux rejets des usines hydrométallurgique constitue un problème d'actualité qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un haut degré de qualité. Cette préoccupation touche la province du Katanga, située au Sud de la RDC où une importante activité minière est menée depuis des années [3]. L'accumulation des contaminants métalliques dans les organismes aquatiques présente des effets toxicologiques sur les espèces, les écosystèmes et les risques sanitaires par l'ingestion d'espèces comestibles [11,12].

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact des eaux de la mine souterraine de Kipushi déversées dans la rivière Kafubu sur la qualité chimique de ses eaux. Pour y parvenir, quelques échantillons d'eau susceptibles de contenir des éléments traces métalliques entraînés par les eaux de la mine souterraine de Kipushi à partir du drain Katapula jusque dans la rivière Kafubu ont été récoltés et analysés.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE

La cité minière de Kipushi se situe au Sud de la République Démocratique du Congo, à 600 mètres de la frontière zambienne et à 30 kilomètres au Sud-Ouest de la ville de Lubumbashi. Le climat de Kipushi, comme celui du parcours du Katanga méridional est du type tropical. Il est caractérisé par deux saisons, à savoir : une saison de pluie et une saison sèche. La cité minière de Kipushi appartient au bassin de la Kafubu. Plusieurs ruisseaux prennent leur source à moins d'un kilomètre de la mine souterraine découlant vers le Sud-Ouest et se déversent dans la rivière Kafubu [3].

2.2 ECHANTILLONNAGE

Dans cette étude, les sites de prélèvement sont situés principalement dans la vallée de la rivière Kipushi. Ces sites ont été fixés par rapport aux sources probables de modification de concentrations en éléments traces métalliques des eaux de la mine souterraine de Kipushi. L'échantillonnage des eaux à analyser a été réalisé en six points choisis de manière à mettre en évidence le potentiel polluant de l'effluent liquide et son impact dans la rivière Kafubu. Les prélèvements des échantillons ont été effectués au cours de trois campagnes aux mois de février, mars et avril 2012. Ainsi nous avons les points de prélèvements (figure 1) :

- E1, situé à environ 2 km de Kipushi en amont de la deuxième digue et est constitué des eaux de la mine souterraine ;
- E2 est également situé à plus ou moins 2 km de Kipushi en amont de la deuxième digue dans la rivière Kipushi et est constitué d'un mélange des eaux de ruissellement domestique et celle de la rivière Kipushi ;
- E3, situé à environ 3 km de Kipushi en aval de la troisième digue et est constitué du mélange de E1 et E2 ;
- E4, situé à environ 3,5 km de Kipushi dans la rivière Kipushi au niveau du pont Kipushi dans la chefferie Kaponda. A ce niveau, les eaux de la rivière Kipushi s'ajoutent à celles du ruisseau Kaniamesha ;
- E5, situé à environ 4 km de Kipushi dans la rivière Kafubu en amont de la confluence de la rivière Kipushi et Kafubu au niveau du pont Kafubu ;
- E6, situé à environ 4 km de Kipushi dans la rivière Kafubu en aval de la confluence de la rivière Kipushi.

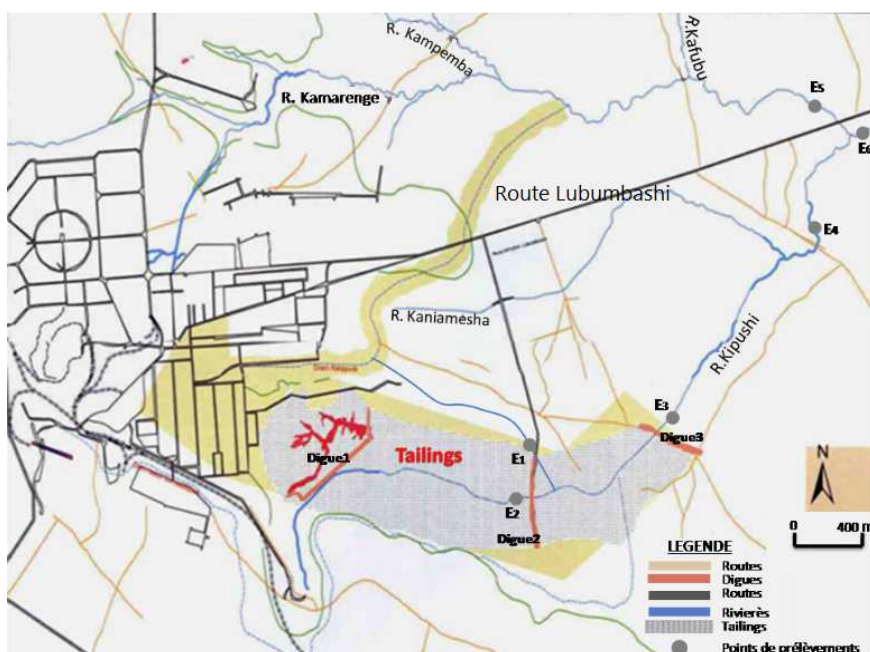


Figure 1. Localisation des points de prélèvement du sol sur notre site

2.3 MODE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Le rythme des prélèvements des échantillons est d'une fois par mois c'est-à-dire le 29/02/2012, le 29/03/2012 et le 28/04/2012. Les prélèvements s'effectuaient assez loin des rives dans le sens contraire du courant d'eau en nous servant d'un bidon stérilisé en plastique. Ils se réalisaient dans le courant principal du canal principal. Les échantillons prélevés étaient conservés dans des flacons stérilisés en polyéthylène de 500 ml. Le prélèvement et la conservation des échantillons sont délicats compte tenu des teneurs faibles en éléments. Les échantillons prélevés sont alors déposés au laboratoire pour analyse dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

2.4 MESURE DES PARAMÈTRES CHIMIQUES

L'acidité a été mesurée à l'aide d'un pH-mètre de marque Mettler Doledo. Les éléments minéraux ont été dosés par spectrométrie d'émission à l'aide d'un spectromètre ICP couplé à un spectromètre de masse de marque Perkin Elmer Sciex au laboratoire du Centre de Recherche Agro-Alimentaire de Lubumbashi.

3 RESULTATS

3.1 ACIDITÉ DES EAUX

Les valeurs de pH des échantillons d'eau pour tous les six points de prélèvement sont légèrement basiques et comprises entre 7,01-7,82 (tableau 1).

Tableau 1. Résultats des mesures de pH des eaux

Mois	pH							N.U.E.	R.M.
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	$\bar{X}$		
Février	7,05	7,21	7,30	7,39	7,24	7,27	7,24	6,5-9	6-9
Mars	7,10	7,01	7,39	7,51	7,40	7,01	7,24		
Avril	7,12	7,21	7,82	7,72	7,78	7,01	7,44		
$\bar{X}$	7,09	7,27	7,47	7,54	7,47	7,10	7,31		

N.U.E. : Norme Union Européenne ; R.M. : Règlement Minier

3.2 ÉVALUATION DES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

Les analyses chimiques ont été faites dans le but de déterminer leurs teneurs en polluants métalliques notamment le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, le cobalt et l'arsenic. Les résultats des analyses (tableau 2 ; tableau 3 et tableau 4) sont présentés en raison d'un prélèvement par mois et par site prévu dans notre plan d'échantillonnage. Les résultats ont permis de mettre en évidence les paramètres métalliques pour les trois mois d'étude.

Tableau 2. Teneurs en ETM (mg/L) des eaux pour le mois de février

ETM	N.U.E.	R.M.	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Plomb	< 0,050	0,600	0,034	< 0,001	0,018	0,044	0,014	0,027
Cadmium	< 0,005	0,100	0,167	0,009	0,105	0,061	0,004	0,040
Zinc	< 5,000	1,000	237,9	7,514	76,12	43,38	5,211	32,62
Cuivre	< 1,000	0,300	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalt	< 1,000	-	0,264	0,126	1,321	0,985	0,132	0,618
Arsenic	< 0,050	1,000	0,004	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001

Pour le mois de février (tableau 2), il a été constaté que les teneurs en zinc, cobalt et cadmium dépassent celles de la norme pour certains échantillons avec comme valeurs très élevées successivement 237,9 mg/L, 1,321 mg/L et 0,167 mg/L.

Tableau 3. Teneurs en ETM (mg/L) pour le mois de mars

ETM	N.U.E.	R.M.	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Plomb	< 0,050	0,600	0,011	< 0,001	0,013	0,017	0,003	0,006
Cadmium	< 0,005	0,100	0,113	0,004	0,077	0,049	0,003	0,037
Zinc	< 5,000	1,000	1322	30,50	547,5	352,9	26,06	315,0
Cuivre	< 1,000	0,300	< 0,001	0,055	< 0,001	< 0,001	0,018	< 0,001
Cobalt	< 1,000	-	0,118	0,053	0,542	0,432	0,093	0,269
Arsenic	< 0,050	1,000	0,017	< 0,001	0,019	0,023	< 0,001	0,010

N.U.E. : Norme Union Européenne ; R.M. : Règlement Minier

Les valeurs en caractère gras sont au-dessus des normes.

Les résultats du mois de mars (tableau 3) montrent que seuls le cadmium et le zinc ont des teneurs supérieures à celles de la norme de l'Union Européenne et à celles du Règlement Minier congolais avec des valeurs les plus élevées respectivement : 0,113 mg/L et 1,322 mg/L.

Tableau 4. Teneurs en ETM (mg/L) pour le mois d'avril

ETM	N.U.E.	R.M.	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Plomb	< 0,050	0,600	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Cadmium	< 0,005	0,100	0,047	0,007	0,030	0,025	0,006	0,019
Zinc	< 5,000	1,000	0,055	0,166	0,015	0,069	0,049	0,052
Cuivre	< 1,000	0,300	0,007	0,023	0,012	< 0,001	0,005	0,004
Cobalt	< 1,000	-	0,239	0,08	0,349	0,278	0,072	0,193
Arsenic	< 0,050	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

N.U.E. : Norme Union Européenne ; R.M. : Règlement Minier

Les valeurs en caractère gras sont au-dessus des normes.

Au mois avril (tableau 4), les teneurs du zinc dans tous les échantillons dépassent celle de la norme de l'Union Européenne et celles du Règlement Minier congolais avec la valeur la plus élevée : 1322 mg/L rapport. Il apparaît clairement que le cadmium est le seul métal qui a des valeurs qui excèdent celles des normes l'Union Européenne et celles du Règlement Minier congolais pour le mois d'avril. Il est le seul métal qui a des valeurs au-dessus des normes de l'Union Européenne et celles du Règlement Minier congolais pour tous les trois mois d'étude.

En général pour les trois mois d'étude, les teneurs des ETM pour E3 sont moyennes, car résultent du mélange de E1 et E2. Nous avons constaté que la teneur en cobalt (1,321 mg/L) (tableau II), n'exprime pas la moyenne de E1 (0,264 mg/L) et E2 (0,126 mg/L) qui sont le rapport de 2/1 presque. Les teneurs dans la rivière Kafubu (E6) augmentent, par ajout de certaines ETM de la rivière Kipushi (E4) par rapport aux teneurs en amont (E5). La rivière Kipushi draine les eaux de la mine souterraine de Kipushi. De tous les points de prélèvement, c'est E1 en général qui a à chaque fois la teneur la plus élevée.

4 DISCUSSION

Pour les échantillons du site étudié, les valeurs du pH des eaux, comprises entre 7,01-7,82, sont conformes à la norme de l'Union Européenne et du Règlement Minier. La faible basicité des eaux pourrait être due au fait de la présence de certains minéraux dans la roche permettant une neutralisation naturelle in situ de l'activité de l'eau. Par ailleurs, le pH joue un rôle important dans l'adsorption des métaux. En effet, un pH alcalin limite le passage des métaux de la phase solide à la phase aqueuse [13].

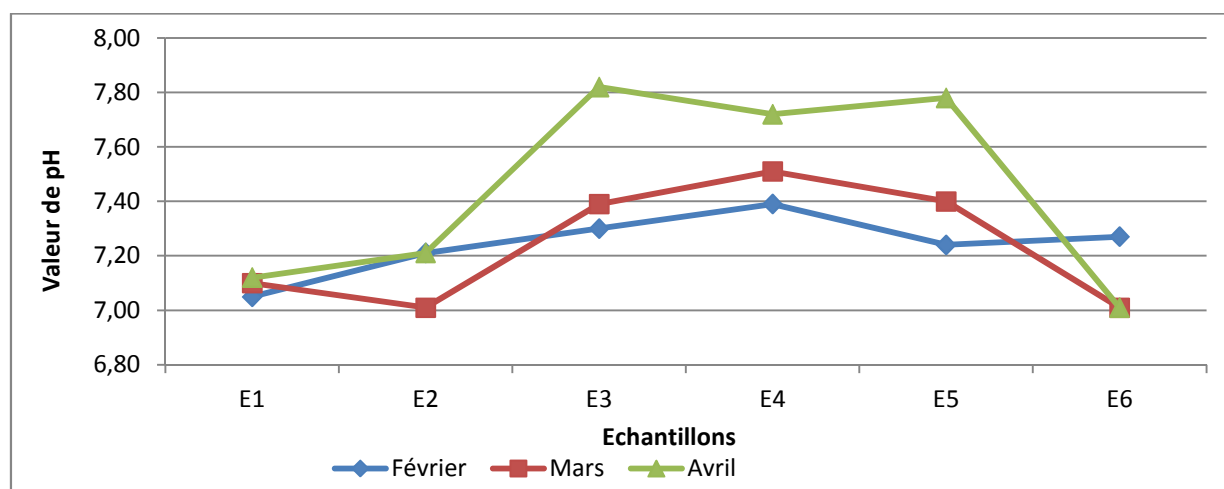


Figure 2. Evolution des pH dans les échantillons durant la période de prélèvement

Les valeurs du pH trouvées induisent une augmentation du taux d'adsorption des éléments traces dans les sédiments superficiels. Le piégeage des éléments traces n'est pas forcément définitif. Les risques de remobilisation, de biodisponibilité et donc de toxicité sont à craindre. Ils constituent en effet un danger permanent pour l'écosystème aquatique lorsque les conditions physico-chimiques le permettent [14], notamment dans la chaîne trophique [15].

En outre, nos résultats ont montré que sur l'ensemble des six échantillons prélevés au mois de février, les teneurs en zinc, cadmium et cobalt sont respectivement 100 %, 83,3 %, et 16,7 % supérieures à celles des normes de l'Union Européenne alors que pour le Règlement Minier les teneurs en cadmium et zinc sont respectivement 33,3 % et 100 % supérieures à celles du Règlement Minier.

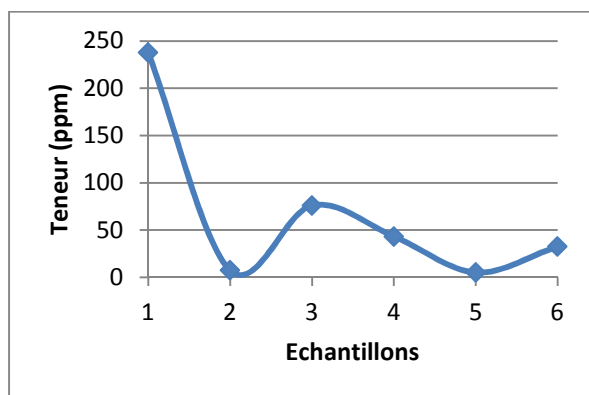


Figure 3. Evolution de la teneur de zinc dans les échantillons au mois de février

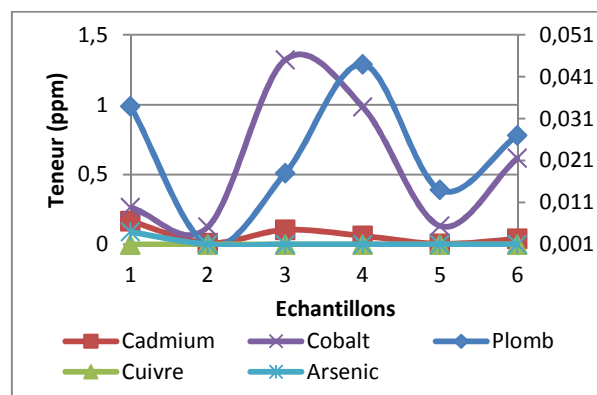


Figure 4. Evolution de la teneur des autres métaux dans les échantillons au mois de février

A la sortie de la digue 3 (E3) du mois de février, la teneur du cobalt (1,321 mg/L) à la sortie du bassin a augmentée d'une façon anormale comparativement aux deux teneurs qui entrent dans ce même bassin (E1 0,264 mg/L et E2 0,126 mg/L) et ces résultats corroborent ceux de [3] et ses collaborateurs qui, en 2011, ont informé qu'il y avait soit une augmentation, soit une diminution des teneurs à la sortie de la digue 3 comparativement aux teneurs à l'entrée. Les fluctuations des teneurs à la sortie de la digue 3 résultent du fait que le déversement irrégulier des effluents industriels dans le bassin de décantation, comme cela se présente dans la pratique, a un effet perturbateur de teneur en ETM [16]. En principe, le mélange de deux solutions de concentrations différentes produit une nouvelle solution de concentration intermédiaire. Les surcharges brutales dues à la précipitation qui en résultent inhibent très souvent et complètement le rôle des bassins de décantation ou le compromettent fortement [16].

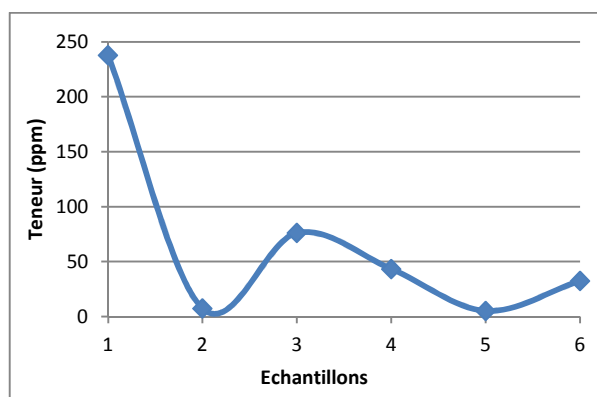


Figure 5. Evolution de la teneur de zinc dans les échantillons au mois de Mars

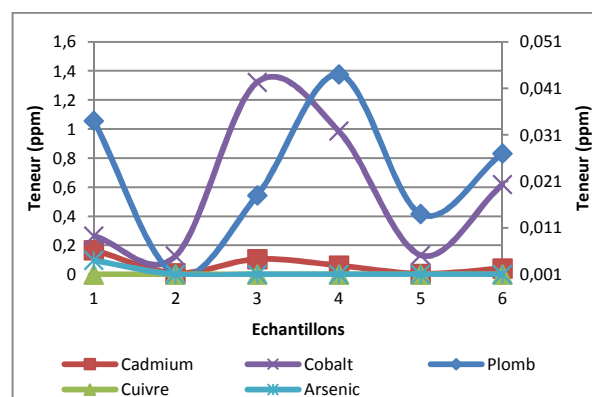


Figure 6. Evolution de la teneur des autres métaux dans les échantillons au mois de Mars

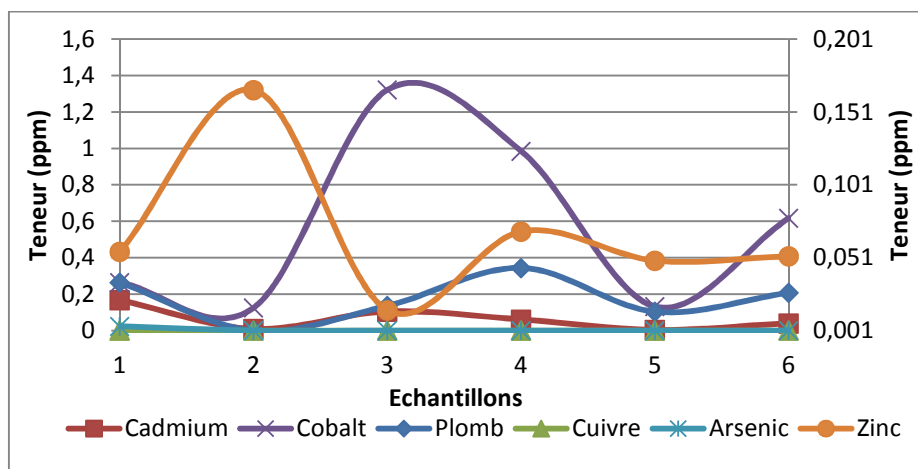
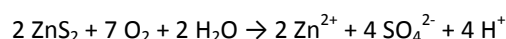


Figure 7. Evolution de la teneur de zinc dans les échantillons au mois d'Avril

Les eaux d'infiltration du bassin de décantation pourraient être aussi la cause de fortes teneurs en ETM des eaux souterraines proches de la mine de Kipushi (moins de 3 km). C'est ainsi que, dans le cas de nos résultats nous ajoutons l'effet du déversement des eaux de pluie qui entraînent les particules solides des bassins de décantation de rejets (Tailings). Cela s'explique par le fait que le mois d'avril marque la fin de la saison de pluie à Kipushi, les teneurs en zinc sont sensiblement diminuées E1 (0,055 mg/L). Ces eaux provoquant un lessivage puis chargées des ETM débordant les deux premières digues jusqu'à atteindre le drain Katapula évacuant les eaux de la mine souterraine de Kipushi [3],[7].

La mine souterraine de Kipushi étant cuprozincifère, l'oxydation des minéraux sulfureux [17] des sédiments par l'intrusion de l'oxygène dans ces nappes libère les métaux et pourrait contaminer les eaux souterraines selon le mécanisme de la réaction suivante :



Nos résultats montrent qu'en général l'apport minéral des eaux de la mine souterraine de Kipushi augmente les teneurs en ETM dans la rivière Kafubu pour les trois mois d'étude sauf au mois d'avril où le cuivre qui, à l'état de trace, diminue dans la rivière Kafubu (de E5 : 0,005 mg/L à E6 : 0,004 mg/L). Cela pourrait être dû au phénomène de la dilution.

Au mois de mars, les teneurs en cadmium et en zinc sont à 66,7 % et à 100 % respectivement supérieures à celles des normes de l'Union Européenne alors que 16,7 % et 100 % des teneurs respectivement en cadmium et en zinc sont supérieures à celles du Règlement Minier. Au mois d'avril il n'y a que les teneurs en cadmium qui dépassent à 100 % celles des normes de l'Union Européenne et aucune valeur en ETM ne dépassent celles du Règlement Minier.

Les teneurs très faibles du cuivre (0,055 mg/L ; 0,018 mg/L ; ...) parfois inquantifiables même par l'appareil utilisé (< 0,001 mg/L) dans le ruissellement des eaux de la mine souterraine cupro-zincifère de Kipushi, seraient dues au fait que le cuivre est très peu soluble de tous les métaux de la quatrième période de la classification (cobalt, cuivre, zinc, nickel, titane, scandium, vanadium, chrome, manganèse et fer) [18]. Le cadmium contamine notre site d'étude pour les trois mois d'étude.

Les activités d'exploitations artisanales du cuivre et cobalt dans la vallée de la rivière Kipushi seraient aussi responsables de fortes concentrations en ETM dans les eaux de surfaces, puisque les effluents chargés de métaux et la lixiviation des résidus solides provenant des activités d'extraction minière déversent directement dans l'environnement et dans les rivières des ETM. L'aval de la confluence de la rivière Kafubu avec la rivière Kipushi (E6) met en évidence cet enjeu environnemental. Nous référant à la mort massive des poissons [3], nous pensons qu'il y a de réels risques de contamination métallique de la population riveraine de la rivière Kipushi ainsi que celle de la rivière Kafubu via la consommation d'eau.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en évidence quelques ETM apportés par le ruissellement des eaux de la mine souterraine de Kipushi dans la rivière Kafubu, susceptibles d'être responsable de la pollution de celle-ci.

Le site étudié a présenté les valeurs de pH légèrement basiques, il faudrait craindre une remobilisation des métaux lors des changements physico-chimiques.

Les résultats obtenus dans ce travail ont permis de procéder à une évaluation de la pollution métallique de l'eau de la rivière Kafubu dans sa partie environnante de la mine souterraine de Kipushi.

Ces résultats ont montré que les teneurs de cadmium sont relativement élevées dépassant la valeur de la norme fixée par l'Union Européenne dans le parcours de ces eaux jusque dans la rivière Kafubu durant les trois mois. Pour les deux premiers mois, les teneurs en zinc ont dépassé largement les normes de l'Union Européenne et du Règlement Minier. Par conséquent, l'utilisation de ces eaux pourrait avoir des effets négatifs sur la santé de la population. C'est ainsi que l'eau de la rivière Kafubu devrait être évitée pour l'irrigation agricole à cause de ses concentrations en ETM élevées. En général, les teneurs en ETM diminuent au fur et à mesure qu'il y a absence de la pluie à cause de l'instabilité tant chimique que physique des tailings qui, chargés des ETM sont entraînés dans le ruissellement des eaux de la mine souterraine de Kipushi via le drain Katapula.

REFERENCES

- [1] SNC-Lavalin International, "Etude sur la restauration des mines de cuivre et de cobalt en République Démocratique du Congo," Rapport préliminaire M-6708 (609082), Montréal, pp. 5-14, 2003.
- [2] W. Vande, J. Franssen, G. Kalambay, J.D. Kramkimel et D. Musibondo, "Profil environnemental de la République Démocratique du Congo," Rapport provisoire, contrat no. 2005/105393-Version 1, p. 42, 2005.
- [3] L.J.P. Muteba, F.K. Nyembo, T.B.M. Tambwe et S.M. Mwadiavinta, "La pollution de la rivière Kafubu : Mayi ni uzima," Rapport d'enquête, no. 1 ; Lubumbashi ; pp. 31-54, 2011.
- [4] M. Lootens and S. Lumbu, "Suspended sediment production in a suburban tropical basin (Lubumbashi, Zaïre)," *Journal des Sciences Hydrologiques*, 31(1), pp. 39-49, 1986.
- [5] M. Kisanguka, N. K. Kasongo, I. Lunda, M. Kyanda, L.N.K. Nyembo, S. Lumbu et M. Musoga, "Etude de la pollution industrielle des eaux de bassin Zaïrois du fleuve Zaïre dans le Cooperbelt Zaïrois," *Annales de la faculté des sciences*, vol. 5, pp. 127-134, 1989.
- [6] L.N. Banza, "Gestion des déchets plombifères et cadminifères dans la ville de Lubumbashi : Une menace à la survie de l'espèce humaine," Mémoire d'études supérieures, Ecole de santé publique, Faculté de médecine, Université de Lubumbashi, pp. 25-27, 2003.
- [7] S.W. Kitobo, "Dépollution et valorisation des rejets miniers sulfurés du Katanga : cas des tailings de l'Ancien Concentrateur de Kipushi," Thèse de doctorat, Faculté des sciences appliquées, Université de Liège, Belgique, pp. 7-42, 225, 2009.

- [8] K.F. Chipeng, "Etude d'une espèce tolérante au cuivre : *Haumaniastrum katangense*-Mise au point de sa culture et étude des mécanismes de tolérance," Thèse de doctorat, Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques ; Université de Lubumbashi, RD Congo, p. 7, 2010.
- [9] M. Kisanguka, "La perception de la pollution de l'eau par les riverains de la rivière Kafubu," Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Ecole de Sante Publique, Faculté de médecine, Université de Lubumbashi, RD Congo, pp. 35-44, 2010.
- [10] M. Makhoukh, M. Sbaa, A. Berrahou et M. Vanclooster, "Contribution à l'étude de l'impact d'un site minier abandonné dans la haute Moulouya sur la qualité de l'Oued Moulouya, Maroc," *Afrique Sciences*, 7(3), pp. 34-48, 2011.
- [11] M.A. Pétré, "Etude de la spéciation des métaux dissous en seine, relation avec le pH et la matière organique dissoute," Mémoire de master 2, Université Pierre et Marie Curie, Ecole des mines de Paris et Ecole National du Génie Rural et des Eaux et Forêts, France, p 46, 2008.
- [12] Y.H.A. Yapi, B.K. Dongui, A. Trokourey, Y.S.S. Barima, Y. Essis et P. Atheba, "Evaluation de la pollution métallique des eaux souterraines et de surface dans un environnement minier aurifère à Hiré (Côte d'Ivoire)," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(3), pp. 1281-1289, 2014.
- [13] I. Thornton, "Risk assessment related to metals : the role of the geochemist," Report of the International Wordshop on Risk Assessment of Metals and their Inorganic Compound ; *International Council on Metals and the Environment*, Angers, France, 1996.
- [14] M. François, D. Li, H.C. Dubourguier et F. Douay, "Facteurs déterminants de la mobilité (Pb, Cu, Zn) dans les sols contaminés autour de deux usines métallurgiques du Nord de la France," Journées Nationales de l'étude des sols, du 22-24 octobre, Orléans, 2002.
- [15] F. Fadil, A. Maarouf et A. Zaid, "Utilisation de *Gammarus gauthieri* pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces, *Limnol*, 32: pp. 73-78, 1997.
- [16] E. Koller, "Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, boues," Dunod, Paris, pp. 1-11, 21, 34, 2004
- [17] N. Miramond, D. Miau et F. Brochard, "Diagnostic du phénomène Drainage Minier Acide sur des mines d'or primaire en Guyane françaises : Evaluation des risques associés," Rapport, GEM Impact DIREN, Guyane française, 2006.
- [18] S. Housecroft, "Chimie inorganique," 3^{ème} édition, Ed. De Boeck s.a., Bruxelles, pp. 686-688, 2010.

PREVALENCE OF VISUAL IMPAIRMENT AMONG DIABETIC PATIENTS IN THE KUMBA URBAN AREA, CAMEROON

E. N. Ayukotang, D. B. Kumah, and A.K. Mohammed

Department of Optometry and Visual Science, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana

Copyright © 2016 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 aimed at determining the prevalence of visual impairment among diabetic patients in the Kumba urban area, South West Region, Cameroon. The descriptive cross-sectional study was hospital -based. Through purposive sampling technique, 84 diabetic patients were selected from three hospitals with Diabetic and Eye Clinics in the Kumba urban area, Cameroon. The participants were taken through visual acuity measurement, ophthalmoscopy, retinoscopy, subjective refraction and slit lamp examinations. Informed consent was signed by the study subjects. Data collected was analyzed using SPSS v. 20. A total of 52.4% were females and 47.6% were males. The total prevalence of visual impairment among diabetics in the area was 17.8% A total of 60.0% of the visually impaired were females and 40.0% being males ($p < 0.05$, 95% CI). The prevalence of ocular conditions among the visually impaired diabetics was 43.3% for cataract, 23.3% for diabetic retinopathy (DR), 16.7% for glaucoma, 13.4% for refractive error and 3.3% for other ocular conditions. This study revealed that the prevalence of visual impairment among diabetic patients in the Kumba urban area, Cameroon was 17.8%. Cataract was the leading ocular condition with 43.3%, present in the visually impaired participants of this study.

KEYWORDS: Visual impairment, diabetic patients, prevalence, Eye Clinics, Kumba Cameroon.

1 INTRODUCTION

Diabetes mellitus is one of the most common chronic diseases in nearly all countries, and continues to increase in numbers and significance, as economic development and urbanization lead to changing lifestyles characterized by reduced physical activity, and increased obesity [1].

Diabetes is one of the major health and development challenges of the 21st century. There are currently 371 million people living with diabetes and another 280 million are at high risk of developing the disease. Half a billion people are expected to be living with diabetes by 2030[2]. It is a multi - organ disease and affects many parts of the body, including the eye, leading to visual impairment and blindness [3,4]. Visual Impairment is defined as presenting visual acuity worse than 6/18 in the better eye, with the best refractive correction and/or with a visual field of less than 10 degree from the point of fixation [5,6]. Vitale *et al.*, (2006) reveals that persons with diabetes are more likely to be visually impaired than persons without the disease [7].

Among the population of Jordanian diabetics, out of 986 diabetic patients examined, the prevalence of blindness among participants was found to be 7.4%, while 10.1% were visually impaired [8]. This is a high prevalence of visual impairment among diabetics.

WHO (2007) states in a research conducted that alarmingly, 32% of patients with diabetes at high risk for vision loss never underwent an eye examination, and less than 40% of those with high-risk characteristics for vision loss receive treatment. When examined, almost 61% of these patients were found to have diabetic retinopathy, cataract, glaucoma or other ocular manifestation of diabetes mellitus. These researches show that some diabetic patients were unaware of the complications of this condition hence do not attend the hospital for management [9].

Therefore our aim in this study was to determine the Prevalence of visual impairment among diabetic patients in the Kumba Urban Area, Cameroon. Moreover this project would serve as a pilot project to inform further research in this area. The outcome of this work would among others provide the opportunity for regular eye examination for diabetic patients. This could result in early detection and management of associated ocular complications with diabetes hence reducing the gravity of visual impairment in diabetics both nationally and internationally.

2 METHODOLOGY

This is a descriptive cross- sectional hospital - based study of 84 diabetic subjects aged 30 to 84 years in Kumba urban area, using Purposive Sampling technique. Questionnaires were administered to each diabetic patient by the research team. Statistical Product and Service Solutions, SPSS (originally known as Statistical Package for Social Science) version 20 was used to analyze the data. The ethical approval was obtained from the Regional delegation of Public Health, Buea, Cameroon. Informed consent was obtained from all study participants before enrolment into the study. All information taken from participants was kept confidential.

3 RESULTS AND DISCUSSION

A total of 84 diabetic patients from three hospitals in the Kumba Urban Area, Cameroon were examined for the study of which 52.4% were females and 47.6% were males. The age range was 30 to 84 years and the mean age was 56.65 years with standard deviation of ± 12.63 and modal age range was 51- 60 years (Table 1).

Table 1 - Age and Gender Distribution of Diabetic Patients

Age Range (Years)	Gender		Total (%)
	Male	Female	
30-40	5	5	10 (11.9)
41-50	6	13	19 (22.6)
51-60	11	10	21 (25.0)
61-70	10	13	23 (27.4)
71-84	8	3	11 (13.1)
Total	40	44	84 (100)

In line with the WHO definition of blindness, using the Standard Snellen Visual Acuity (VA) Chart, the prevalence of diabetics with visual impairment ($<6/18$ to $6/60$) was 17.8%, severe visual impairment ($<6/60$ to $3/60$) was 1.2%, blind ($<3/60$ to NPL) was 3.6%. The prevalence of normal vision ($6/6$ to $6/18$) was 77.4% ($p < 0.05$, 95% CI) (Table 2). The total number of diabetic patients with normal vision (77.4%) is far higher than those with visual impairment (17.8%), severe visual impairment (1.2%) and blindness (3.6%) put together. It is very important to note that the prevalence of the visually impaired of 17.8% among diabetic patients in the Kumba urban area, South West Region, Cameroon is not very high and it is similar to that of a study conducted in the University of Nsukka Teaching hospital (UNTH), Enugu, Enugu state, South-Eastern Nigeria, where 15.4% had visual impairment (23 out of 149 diabetic patients examined) [10]. These patients are assumed to be those whose conditions are well under control since they attend the diabetic clinics monthly as in the case of patients in the Kumba urban area.

If the prevalence of visual impairment among these patients is 17.8%, then there could be a higher probability of visual impairment among undiagnosed diabetics and those who do not comply with their treatment. Hence the need to create more awareness among diabetic patients by all stakeholders about the high risks of becoming visually impaired due to ocular manifestation of DM but more dangerously poorly controlled and poor management of diabetes, as well as lack of routine eye check or examination.

Table 2- Prevalence of visual impairment among diabetics

Class of Vision	Standard Snellen VA	Frequency	Percentage (%)
Normal Vision	6/6 to 6/18	65	77.4
Visual impairment	<6/18 to 6/60	15	17.8
Severe Visual Impairment	<6/60 to 3/60	1	1.2
Blind	<3/60 to NPL	3	3.6
	Total	84	100

Among the 15 (17.8%) diabetics from the three hospitals in the Kumba urban area with visual impairment, 43.3% had cataract, 23.3% had diabetic retinopathy (DR), 16.7% had glaucoma, 13.4% had refractive error, 3.3% had other ocular conditions apart from the ones listed above. Hence, the ocular condition with the highest prevalence in diabetic patients who are visually impaired in the Kumba urban area is cataract ($p < 0.05$). Globally, uncorrected refractive errors are the main cause of visual impairment; cataracts remain the leading cause of blindness in middle- and low- income countries [11]. The incidence of cataract could have risk factors such as increasing exposure to UV radiations from the sun, especially in Africa, where Kumba urban area in Cameroon is found. Nonetheless, diabetes being a major risk factor for the development of cataract in diabetics cannot be underestimated [12]. This explains the reason why cataract was found to be the ocular condition with the highest prevalence among diabetic patients with visual impairment in the Kumba urban area. It should also be noted that the participants of this study that are visually impaired and have cataract, could not have cataract as a result of diabetes but probably due to the diabetics living in Africa where there is a high exposure to UV radiation from the sun.

Out of the 17.8% of diabetic patients from this study who are visually impaired, there was an increase in visual impairment with an increase in age from 0% in the 30 - 40 years range to 40.0% in 61- 70 years range, then finally a drop to 13.3% in the 71- 84 years range (Table 3). This is in line with what Resnikoff *et al.*, (2004) stated; that visual impairment is unequally distributed across age groups, being largely confined to adults 50 years of age and older. With respect to gender, 60.0% were females and 40.0% were males. From the above results, the high percentage of visual impairment in females than males can be attributed to the fact that most of the study participants were females and or the prevalence of visual impairment among diabetic patients, is higher in females than in males.

Table 3- Age and Gender distribution of the visually impaired diabetic patients

Age Range (Years)	Gender		Total (%)
	Male	Female	
30-40	0	0	0 (0)
41-50	1	1	2 (13.3)
51-60	2	3	5 (33.4)
61-70	2	4	6 (40.0)
71-84	1	1	2 (13.3)
Total (%)	6 (40)	9 (60)	15 (100)

Resnikoff *et al.*, (2004) stated that the imbalance distribution in the prevalence of visual impairment with respect to gender is found worldwide, with females having a significantly higher risk of visual impairment than males [13] (Table 3).

From the total population of 84 diabetics who participated in this study in the Kumba urban area, Cameroon, 59.5% were not aware that diabetes could result to ocular complications, which could eventually lead to visual impairment and blindness, whereas 40.5 % were aware of the risk of developing ocular complications due to diabetes. Those that are unaware about the effect of diabetes to the eye are more than those who are aware of its effect to the eye. In terms of duration of DM, in the participants, 48.8% had had diabetes for less than three years, 25% had diabetes for between 4- 6 years, 13.1% had the disease for between 7- 9 years, 4.8% had it for between 10- 13 years and 8.3% had it for 14 years and above ($p < 0.05$). With respect to visit to Eye clinics, 78.6% had visited an Eye clinic before while 21.4% had never been to one. Although a higher percentage of the diabetics had been to an Eye clinic, 59.5% are unaware of the effect diabetes has on the eye. In addition, there is a general decrease in the number of diabetics with increase in the duration of the disease. This is demonstrated in Tables 4 and 5 below. This could be due to loss of lives as a result to lack of knowledge and awareness, as well as unawares of the signs and symptom of the disease [14]. About a quarter of the patients (21.4%) had never been to the Eye Clinic for their

eyes to be examined and possibly educated about the effect of diabetes on their vision. There is therefore a high probability of reduced awareness among diabetics who do not visit the hospital. From Table 4, it is clearly illustrated that those who recently had the disease turn to visit the eye clinic more than those who had had the disease for a longer duration.

This could be due to death of diabetics with longer duration of the disease or apathy on the part of the patients resulting from several routine eye checkups.

Table 4-Duration of diabetes and patients visit to Eye Clinic

Duration of diabetes(years)	Patients visit to Eye Clinic		Total (%)
	Yes	No	
0-3	27	14	41(48.8)
4-6	19	2	21(25.0)
7-9	11	0	11(13.1)
10-13	3	1	4(4.8)
14 and above	6	1	7(8.3)
Total/Percentage	66 (78.6%)	18 (21.4%)	84 (100%)

The very high level of unawareness (59.5%) of diabetic patients in the Kumba urban area, Cameroon on the effect of diabetes to their sight and the possibility of it causing visual impairment and blindness to diabetics, is very alarming. Hence the need for all stakeholders and policy makers to get on board for an intensive awareness creation and education to the general public about this disease and its effect in the eye that could lead to very serious ocular complications.

Table 5-Duration of diabetes and patients awareness of its effect to the eye

Duration of diabetes(years)	Awareness of effect of diabetes to the eye		Total (%)
	Yes	No	
0-3	10	31	41(48.8)
4-6	11	10	21(25.0)
7-9	8	3	11(13.1)
10-13	2	2	4(4.8)
14 and above	3	4	7(8.3)
Total/Percentage	34 (40.5%)	50 (59.5%)	84 (100%)

4 CONCLUSION

This study reveals that the prevalence of visual impairment among diabetic patients in the Kumba urban area, Cameroon was 17.8 %. More females were visually impaired than males while cataract was the leading ocular condition with 43.3%, present in the visually impaired participants of this study. Diabetic retinopathy follows with 23.3%, then glaucoma with 16.7%, refractive error was 13.4% and other ocular condition was 3.3%. The age range of 61- 70 years, had the highest prevalence of visual impairment. From the total study population, although a higher percentage of the diabetics (78.6%) had been to an Eye clinic, a very high percentage of 59.5%, were unaware about the fact that diabetes has an effect on the eye that could lead to ocular complications and subsequently visual impairment and blindness.

The risk of getting ocular complications due to diabetes can be cut down by proper control of blood sugar levels and management of the disease. In addition, the risk of ocular complications that could result to visual impairment and blindness in diabetics can also be reduced by regular eye examination. Most importantly, patients' compliance to the necessary treatment is very significant in reducing the occurrence of visual impairment amongst them. Awareness creation and education of the effect of diabetes on the sight of the patients, the risk of developing visual impairment, as well as the importance of controlling blood sugar levels, will go a long way in encouraging compliance among diabetic patients [15].

5 LIMITATIONS

It was very difficult getting participants for this study since there was no diabetic association, nor a helpful platform to get the patients in the Kumba urban area. This study took place only in hospitals that have both a diabetic clinic and Eye unit.

There could also be many who are diabetic staying in the urban area but are not even aware they have the disease, hence they do not attend any of these clinics.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

REFERENCES

- [1] David, R., Whitinga, L.G., Clara, W. and Jonathan, S., (2011). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030, *Diabetes Research and Clinical Practice*, **94**,311–321.
- [2] <http://www.idf.org>
- [3] *International Diabetes Federation (IDF)*.The official website of IDF. It aims to influence policy, increase public awareness and encourage health improvement, promote the exchange of high-quality information about diabetes, and provide education for people with diabetes and their healthcare providers. visited 11/ 05/ 2013, 15/06/2013, 12/07/2013, 05/08/2013, 17/09/2013, 11/10/2013, 03/11/2013.
- [4] Fong, D.S., Ferris, F.L., Davis M.D. and Chew E.Y.(1999).Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Causes of severe visual loss in the early treatment diabetic retinopathy study: ETDRS report no. 24. *Am J. Ophthalmol*, **127**: 137–141.
- [5] WHO (2006).Report of a WHO consultation in Geneva, Switzerland, Prevention of blindness from diabetes mellitus.9–11 November 2005. Geneva, World Health Organization, 2006:1–3.
- [6] WHO Factsheet N0.282 October, 2011, Visual impairment and blindness.
- [7] Oye, J.E. and Kuper, H.(2007). Prevalence and causes of blindness and visual impairment in Limbe urban area, South West Province, Cameroon. *Br J Ophthalmol*, **91**(11):1435-9.
- [8] Vitale, S., Cotch, M.F. and Sperduto, R.D.(2006). Prevalence of visual impairment in the United States. *JAMA*, **295**(18):2158-2163.
- [9] Al-Till, M.I., Al-Bdour, M.D. and Ajlouni, K.M., (2005). Prevalence of blindness and visual impairment among Jordanian diabetics, *European journal of ophthalmology*, **15**(1): 62-68.
- [10] World Health Organization and International Agency for the Prevention of Blindness (2007). Diabetic Retinopathy In: Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness Action Plan 2006-2011. Geneva, World Health Organization, pp. 34–36.
- [11] Magulike, N.O., Chuka-Okosa, C.M. and Oli, J.M. (2003). Diabetic Eye Disease in Enugu South-Eastern Nigeria – A Preliminary Report, *Nigerian Journal of Ophthalmology*, **11**(1).
- [12] WHO Factsheet N0.282 October, 2013, Visual impairment and blindness.
- [13] Klein, B.E., Klein, R., Lee, K.E.,(1998). Diabetes, cardiovascular disease, selected cardiovascular disease risk factors, and the 5-year incidence of age-related cataract and progression of lens opacities: the Beaver Dam Eye Study. *Am J. Ophthalmol*, **126**(6):782-790.
- [14] Resnikoff, S., Pascolini, D., Etya'ale, D., Kocur,I., Pararajasegaram,R., Pokharel,G.P. and Mariotti, S.P.,(2004). Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull World Health Org*, **82**(11):844-851.
- [15] Ahmad,S., Srivastava,A., Goel,K., Bansal,R., Parashar,P., Pant,B., (2013).Knowledge and awareness regarding Diabetes Mellitus in Urban slum of Meerut. *Indian Journal of Community Health*.**25** (1):12-15.
- [16] Saikumar, S.J., Giridhar, A., Mahesh, G., Elias, A. and Bhat, S. (2007). Awareness about eye diseases among diabetic patients: a survey in South India, *Community Eye Health Journal*, **20**(61):16-17.

SCREENING OF THREE VARIETIES OF PEPPER (CAPSICUM SPP) IN DELTA STATE POLYTECHNIC, OZORO NIGERIA

E. Nmor and E. Ogboi

Department of Agricultural Technology, Delta State Polytechnic, P.M.B 5, Ozoro, Delta State, Nigeria

Copyright © 2016 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 project work took place at school of agriculture teaching and research farm in Delta State Polytechnic Ozoro. Ozoro is located in Isoko North local government Area of Delta State. There are different varieties of pepper in Ozoro the need to screen the yield of three varieties of pepper becomes necessary. Three varieties of pepper seeds were bought from the market and were nursed for about 3 weeks before they were transplanted into the main field at a spacing of 60cm x 60cm and planting depth of 5cm. the seedling were replicated four times, in a randomize complete block design. The parameters measured are member of leaves, plant height number of branches and number of fruits at hearvest. These were taken at the interval of two weeks. Data collected were subjected to analysis of variance (ANOVA). Table 1: reveals the number of leaves of three varieties of pepper. The result shows that mexi-bell hot pepper had the highest number of leaves of 17.5, 60.25 and 63.0 as against 16.75, 31.25,33.0 and 16.25, 58.35 and 60.0 for sweet bell pepper and serano hot pepper respectively. Table (2) shows the plant height (cm) of three varieties of pepper that is planted, mexi-bell hot pepper had a plant height of 8.5, 20.5 and 23 as against 6.75, 16.78, 18 and 5.77, 16.75 and 20.25 for serano hot pepper and sweet bell pepper. Table (3) shows the number of branches of three varieties of pepper. The result shows that mexi-bell hot pepper had more or highest number of branches of 3,6.5, 8 and 2.5, 4.75 and 6.25 for serano –hot pepper and sweet bell pepper. Table (4) revealed that mexibell hot pepper had more number of fruit at harvest of 67.7, 74.7 and 33.7 against 39.3, 49.0, 26.3, 43.7, 65.3 and 31.3 for sweetbell pepper and serano hot pepper respectively. It is therefore recommended that since there was significant difference among the three varieties, mexi-bell hot pepper should be cultivated in Ozoro and it's environs to increase the profit margin of pepper farmers in this area.

KEYWORDS: Mexibell, Serano, Number of Leaves Number of branches, Fruits at Harvest.

1 INTRODUCTION

Pepper belongs to the solanacous family. It originated from central and South American and can be grown throughout the year (Kabura et al, 2008). The crop is ranked third most important vegetable crop after tomatoes, onions in the world (Islam et al, 2011; Belel et al, 2011). Juroszet and Tsai (2009) reported that pepper fruits are good sources of many essential nutrients including vitamins A, C, E and carotenoids minerals e.g calcium, and iron and other secondary plant compounds. Studies conducted by chellemi and Rosskoff (2004) and Delate et al, (2008, 2003) concluded that, that yield of pepper were similar in organic and confectionary production system. Pepper when consume in right quantity aid digestions, decrease perspiration and increases physical endurance (Norma, Jill 1990). Pepper taken in form of tea have been credited for relieving arthritis, nauseas, fever, headaches and poor digestions (Pernezny, et al, 2003) and (Hung, 2004) strep throat and even coma. It has also been used for non medicinal application as an insecticides. Pepper is a favorite spice of cooks because of it's pungent aroma and flavor (Piror, 2003).

There are different varieties of pepper.

The need to evaluate the best yielding variety necessities the study. The main object of the study is to screen the yield of three varieties of pepper.

The specific objectives are as follows;

1. Determine the number of leaves
2. Determine the plant height
3. Determine the number of fruits at harvest.

There are different varieties of pepper which include sweet bell pepper, sarano hot pepper, Habanero hot pepper, pobalano hot pepper, Jalapeno hot peppers, mexibell hot pepper cayenne hot pepper and Charleston pepper. For the purpose of this study emphasis should be more on the three varieties under investigation.

Jalapeno hot pepper are the most favorite pepper. They are high yielding plants and have a high disease resistance. Mexibell hot pepper are small and can only get to the height of 1.79 feet. It matures from green to red colour. (Chrustian, 2005)

They are ready to eat when they are green but if you leave them until they are red, they will be sweeter. Serrano hot pepper. are hotter than Jalapenos. They grow to a height of about 2-5 feet tall and each plant can give you up to fifty fruits of pepper (Drost, 2010 and Jarani 110 et al 2001).

2 MATERIALS AND METHODS

This project was conducted in school of agriculture research and teaching farm in Delta State Polytechnic, Ozoro in Isoko North Local Government Area of Delta State of Nigeria. The temperature of the area ranged between 28⁰c-50⁰c while the animal rainfall rays between 2500mm-3000mm.

It's atitudinal position is below 5meters above sea level (Ofunne, 1999). The seeds of the different varieties of pepper were bought from the local market and were raised in the nursery before they were transplanted into a randomized complete block design which was replicated three times. They were transplanted at a planting distance of 60cm x 60cm and planting depth of 5cm. The growth parameter measured are number of leaves, plant heighted number of fruits at harvest. The parameters were taken at the interval of two weeks expect for the number of fruits at harvest which was collected only 0 times before the expiration of the experiment. Data collected were subject to analyzed of variance (ANOVA).

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 RESULTS

Table 1: Reveals the number of leaves of three varieties of pepper. The result shows that Mexibell hot pepper had the highest number of leaves of 175,60.25 and 63.0 as against 16.75,31.25, 33.0 and 1625, 58.25 and 60.0 for sweet bell pepper and Serrano hot pepper respectively

Table 2: Reveals the plant height (cm) of three varieties of pepper it shows that maxi-bell not pepper had a better height of 8.5, 20.5 and 23 as against 6.75, 16.78, 18 and 5.77, 16. 75 and 20.25 for Serrano –hot pepper and sweet botl pepper.

Table 3: Shows the number of branches of three varieties of pepper. The result shows that maxi-bell hot pepper had highest number of branches 5, 6.35 and 7.75 as against 3, 6.5,8 and 2.5, 4.75 and 6.5 for Serrano-hot pepper and sweet bell pepper.

Table 4: Shows that mexi bell hot pepper add better number of fruits of 67.7, 74.7, 33.7 as against 39.3, 49.0, 26.3 and 43.7, 65.3 and 31.3 for sweetbell pepper and serano respectively.

Table 1: number of leaves of pepper at 4-9 Wap

Treatment	4 th	6 th	8 th
Sweet –bell pepper	16.75	31.25	33.0
Maxi-bell hot pepper	17.5	60.25	63.0
Serano hot pepper	16.25	58.25	60.0
F cal	2.0	0.1	0.3
Ftab	0.5	0.5	0.5

Table 2: plant height (cm) of pepper at 4-9wap

Treatment	4 th	6 th	8 th
Sweet –bell pepper	5.77	16.75	33.0
Maxi-bell hot pepper	8.5	20.5	63.0
Serano hot pepper	6.75	16.78	60.0
F cal	1.31	1.5	1.3
Ftab	0.5	0.5	0.5

Table 3: number of branches of pepper at 4-9 wap

Treatment	4 th	6 th	8 th
Sweet –bell pepper	2.5	4.75	6.25
Maxi-bell hot pepper	3	6.25	7.75
Serano hot pepper	3	6.5	8
F cal	0.9	0.9	0.9
Ftab	0.5	0.5	0.5

Table 4: Mean number of fruits at harvest

Treatment	1 st	2 nd	3 rd
Sweet –bell pepper	39.3	49.0	26.3
Maxi-bell hot pepper	67.7	74.7	33.7
Serano hot pepper	43.7	65.3	31.3
F cal	30.0	2.9	3.0
Ftab	0.5	0.5	0.5

3.2 DISCUSSIONS

Table (1) revealed that mexibell hot pepper had better number of leaves than the other varieties of pepper. This could be attributed to the fact that mexi-bell is an hybride which possess both characteristics of serano pepper and hot mexi bell. However, there was significant (wap) difference among the three varieties of pepper at ($p>0.05$). Table (2) revealed that mexibell hot pepper had superior plant height compared with other varieties of pepper planted.

This finding agreed with (normal jii, 1990) who reported that mexi-bell grows to the height of about 1.79 feet. Table (3) shows the number of branches of the three varieties of pepper. The results shows that mexibell has more number of branches throughout the period of the experiment.

Table 4: reveals that mexibell hot pepper performed better items of yield throughout the experimental period. However, there was significant different among the three varieties of pepper ($p>0.05$).

4 CONCLUSION

In conclusion mexi-bell hot pepper performed better in terms of number of leaves, plant height, number of branches and number of fruit at harvest. However, there was significant difference among the three varieties of pepper at ($p>0.05$).

RECOMMENDATION

Since there was significant difference among the three varieties, it is there recommended that mexi-bell hot pepper should be cultivated in Ozoro and it's environs to increase the profit margin of pepper farmer in this area.

REFERENCES

- [1] Bele MD, Saidu MS, Sajo AA (2011). Effect of land preparation and weeding regime on the yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) in mubi, Adamawa State. *J. Agron.* 1062-67.
- [2] Christian W. G (2005) fruit and vegetable intake and the risk of cataracts in women, *American journal of clinical nutrition* 570-81:22.
- [3] Delate K, Cambardella C, McKern A (2008). Effects of organism fertilization and cover crops on an organic pepper system. *Hort. Technol.* 18:215-226.
- [4] Delate K, Firedrich H, Lawson V (2003). Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Boil. Agric. Hort.* 21:131-150.
- [5] Drost, D. (2010). Pepper in the garden. Than state universory comparative extension.
- [6] Gillman H. (1996): fruit and vegetable *British medical journal* vol. 50: no. 4:144.
- [7] Heinerman, John. (1983) *The complete book of spices: their medical nutritional and cooking uses* nar canaan, connecticit keots publishing inc 1983.
- [8] Hung H. C (2004) fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease *journal of national cancer institute* 54875-45:7
- [9] Islam M, Saha S Akan MdH, Rahim MdA (2011). Effect of spacing on the growth and yield of sweetpepper (*Capsicum Annuum* L.). *J. Central European Agric.* 12(2): 328-335.
- [10] Jaranillo, M. Aleyandra: Manos (2001). "phylogeny and pattersn of floral diversity in the genus piper (*piper aceae*)" *American journal of botany* 88(4): 706-16doi: 10.2307/2657072 PMID 11302858.
- [11] Kabura BH, Musa B, Odo PE (2008). Evaluation of the yield components and yield of onion (*Allium cepa* L.) pepper (*Capsicum Annuum* L.) intercrop in the Sudan Savannah. *J. Agron.* 7: 88-92.
- [12] Norman J.LL. *the complete book of spices. A practical guide to spices and aromatic seed* new York. Viking studies books 1990.
- [13] Offune, J.A (1993): *Regional Geography of Nigeria in west Africa and rest of Africa*. Idodo Umeh press, Benin city. P408.
- [14] Prior R. L. (2003) fruit and vegetable in O.C production of cellular oxidatives damage *American journal of chemical nutrition* 5705-85:78.

ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET ACTIVITE ANTI-OXYDANTE D'EXTRAITS DE PLANTES DE CÔTE D'IVOIRE UTILISEES DANS LE TRAITEMENT TRADITIONNEL DES HEMORROÏDES

[PHYTOCHEMICAL SURVEY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PLANT EXTRACTS FROM CÔTE D'IVOIRE USED IN TRADITIONAL TREATMENT OF HEMORRHOIDS]

Logopho Hyacinthe OUATTARA, Guy Roger Mida KABRAN, Amani Brice KADJA, Modeste Bosson TANO, Janat Akhanovna MAMYRBEKOVA-BEKRO, and Yves-Alain BEKRO

Laboratoire de Chimie Bio Organique et de Substances Naturelles (LCBOSN), Unité de Formation et de Recherche des Sciences Fondamentales et Appliquées (UFR SFA), Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The phytochemical screening of extracts of trunk bark and roots of 7 medicinal plants from Côte d'Ivoire used in traditional treatment of hemorrhoids was performed by TLC. This technique has helped to highlight the presence of bioactive phytocompounds: flavonoids, coumarins, condensed tannins, sterols, terpenes, alkaloids and saponins. Furthermore, phenolic phytoconstituants quantitative analysis by spectrophotometry showed that the extracts have significant variable contents of total phenols (2444.35 - 8805.94 µgEAG/g), flavonoids (10.10 - 1.14%) and tannins (61.24 - 8.12 µgECT/mg). The antioxidant power of said extracts was assessed by DPPH scavenging method. All the extracts from the 7 plants tested, sign significant antioxidant activity, particularly those containing a high content of phytophenols.

KEYWORDS: phytochemical survey, antioxidant activity, medicinal plant, hemorrhoid, Côte d'Ivoire.

RESUME: Le criblage phytochimique des extraits d'écorces de tronc et racines de 7 plantes médicinales de Côte d'Ivoire employées dans le traitement traditionnel des hémorroïdes, a été réalisé par CCM. Cette technique a permis de mettre en évidence la présence de phytocomposés bioactifs: flavonoïdes, coumarines, tanins, stérols, terpènes, alcaloïdes et saponosides. Par ailleurs, l'analyse quantitative par spectrophotométrie des phytoconstituants phénoliques, a montré que les extraits présentent des teneurs variables significatives en phénols (2444,35-8805,94 µgEAG/g), flavonoïdes (10,10-1,14 %) et en tanins condensés totaux (61,24 -8,12 µgECT/mg). Le pouvoir antioxydant desdits extraits a été évalué par la méthode de piégeage du DPPH. Tous les extraits des 7 plantes étudiées, signent une activité antioxydante notable, notamment ceux contenant une teneur élevée en phytophénols.

MOTS-CLEFS: étude phytochimique, activité anti-oxydante, plante médicinale, hémorroïde, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les polyphénols constituent une classe de composés naturels largement présente dans le règne végétal. Ce sont des substances biologiquement actives qui présentent de différentes propriétés pharmacologiques. Par conséquent, ils présentent un grand intérêt pour les scientifiques. En effet, plus de 8000 structures phénoliques ont été étudiées [1]. Tout naturellement, les plantes qui les renferment, ont des vertus thérapeutiques et de ce fait, sont employées pour traiter diverses pathologies [2] dont les hémorroïdes (ou pathologie hémorroïdaire). Aujourd'hui, cette maladie constitue un problème de santé publique à l'échelle mondiale, puisqu'elle motive 1200 consultations pour 100000 habitations par année

[3]. La pathologie hémorroïdaire est associée à la thrombose, l'inflammation, l'expansion anormale et la tortuosité des veines hémorroïdaires, formant des nœuds au niveau des veines de l'anus et du rectum. Pour soigner cette maladie, les flavonoïdes sont bien indiqués grâce à leurs propriétés anti-coagulante et anti-inflammatoire [4], [5]. En plus, ces métabolites secondaires sont d'excellents antioxydants qui protègent les cellules contre les effets délétères des radicaux libres [6], [7], [8], [9], [10]. Depuis les années 1980, deux bioflavonoïdes (Diosmine et Hespéridine) ont été étudiés dans de nombreux essais cliniques, dont les résultats ont démontré qu'ils aident à soulager les symptômes hémorroïdaires [11], [12], [13]. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes intéressés à l'extraction, au dosage et à l'évaluation de l'activité antioxydante des fractions phénoliques obtenues à partir de *Mezoneuron benthamianum* (Caesalpiniaceae), *Margaritaria discoidea* (Euphorbiaceae), *Nauclea latifolia* (Rubiaceae), *Parkia biglobosa* (Mimosaceae), *Paullinia pinnata* (Sapindaceae), *Securidaca longepedunculata* (Polygalaceae) et *Trichilia emetica* (Meliaceae), 7 plantes médicinales ivoiriennes exploitées dans le traitement traditionnel de la pathologie hémorroïdaire.

2 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué des écorces de racine de *Mezoneuron benthamianum* (Mb), *Nauclea latifolia* (NI), *Securidaca longepedunculata* (SI) et de *Trichilia emetica* (Te), des écorces de tronc de *Margaritaria discoidea* (Md) et de *Parkia biglobosa* (Pb) et de tige de *Paullinia pinnata* (Pp). Les plantes ont été sélectionnées à partir d'enquêtes ethnobotaniques menées auprès de tradithérapeutes du centre de la Côte d'Ivoire. Leur récolte a été faite en juillet 2014 à Dabakala (ville du centre de la Côte d'Ivoire, département de Dabakala, Région du Hambol). Les espèces végétales ont été authentifiées à l'herbier du Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Les différents organes ont été nettoyés, séchés pendant 2 jours à l'abri du soleil, puis 7 jours dans une salle climatisée et à l'étuve (45°C) pendant 3 jours. Ils ont été ensuite pulvérisés avec un broyeur électrique (RETSCH, type SM 100) pour obtenir les poudres qui ont servi à préparer les différents extraits à tester.

3 METHODOLOGIE

3.1 PREPARATION DES EXTRAITS

20 g de poudre de chaque drogue ont été macérés dans 125 mL de MeOH, 80% pendant 24 h sous agitation permanente. Les filtrats obtenus ont été conservés pendant 24h au réfrigérateur. Après décantation et distillation du solvant, les extraits hydrométhanoliques (Pp, Te, Pb, Mb, Md, NI, SI) ont servi à quantifier les phénols, flavonoïdes et les tanins totaux.

Pour le criblage phytochimique par CCM et l'évaluation de l'activité antioxydante vis-à-vis du DPPH, les extraits sélectifs ont été préparés. 15 mL de chaque extrait aqueux ont été épuisés par fractionnements successifs avec 3×10 mL de $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$, CHCl_3 , AcOEt, $n\text{-BuOH}$ pour obtenir les extraits hexaniques (Pp^I , Te^I , Pb^I , Mb^I , Md^I , NI^I , SI^I), chloroformiques (Pp^{II} , Te^{II} , Pb^{II} , Mb^{II} , Md^{II} , NI^{II} , SI^{II}), acétate éthyliques (Pp^{III} , Te^{III} , Pb^{III} , Mb^{III} , Md^{III} , NI^{III} , SI^{III}) et n -butanoliques (Pp^{IV} , Te^{IV} , Pb^{IV} , Mb^{IV} , Md^{IV} , NI^{IV} et SI^{IV}).

3.2 ANALYSE QUALITATIVE DES EXTRAITS SÉLECTIFS PAR CCM

Le criblage phytochimique des extraits sélectifs par CCM a été réalisé suivant Georgievskii [14], Ladiguina *et al.*, [15], Dawson *et al.*, [16] sur des chromatoplaques (support aluminium, gel de silice 60 F₂₅₄, épaisseur 0,2 mm; Merck) avec des gradients de solvants comme développants (Tableau I).

Tableau I: Développants utilisés pour la CCM

Extrait	Gradient de solvant
Hexaniques	$n\text{-C}_6\text{H}_{14}/\text{AcOEt}$ (20 :1,5 v/v)
Chloroformiques	$\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/n\text{-C}_6\text{H}_{14}$ (10:10:5 ; v/v/v) $\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/n\text{-C}_6\text{H}_{14}/\text{AcOH}$ (10:10:5:2 ; v/v/v/v) $\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/n\text{-C}_6\text{H}_{14}/\text{AcOH}$ (10:11:3:2,7 ; v/v/v/v)
Acétate éthyliques	$\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/\text{AcOH}$ (13,5:6:1; v/v/v);
n -Butanoliques	$\text{AcOEt}/\text{MeOH}/\text{H}_2\text{O}/\text{AcOH}$ (11,9:1,6:1,4:0,5 v/v/v/v) $\text{AcOEt}/\text{MeOH}/\text{H}_2\text{O}/\text{AcOH}$ (11,5:2:1:1 v/v/v/v).

3.3 ANALYSE QUANTITATIVE DES EXTRAITS HYDROMETHANOLIQUES

3.3.1 DOSAGE DES PHENOLS TOTAUX

Les teneurs en phénols totaux ont été évaluées suivant la méthode de Folin-Ciocalteu [17], [18] modifiée [19].

3.3.2 DOSAGE DES FLAVONOÏDES TOTAUX

Les flavonoïdes totaux ont été dosés suivant Hariri *et al.*, [20] repris par N'guessan *et al.*, [21].

3.3.3 DOSAGE DES AGLYCONES ET ANTHOCYANES

Les teneurs en anthocyanes et en aglycones flavoniques ont été déterminées selon Lebreton *et al.*, [22] repris par N'guessan *et al.*, [21].

3.3.4 DOSAGE DES TANINS CONDENSES TOTAUX

Le dosage des tanins condensés totaux a été réalisé par spectrophotométrie à l'aide de FeCl₃ [23], [24].

3.4 EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE DES EXTRAITS SELECTIFS

L'activité antioxydante a été évaluée selon Blois [25] repris par Kabran *et al.*, [26].

3.5 ANALYSE STATISTIQUE

Les dosages ont été réalisés en 3 lectures au moyen d'un spectrophotomètre (AQUALYTIC AL800). L'exploitation statistique des données a été faite avec le logiciel Excel 2007.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 COMPOSITION PHYTOCHIMIQUE DES EXTRAITS SELECTIFS

Les tableaux II, III, IV, V regroupant les résultats issus de la CCM, indiquent les colorations (Tableau VI), les rapports frontaux (R_f) des spots correspondant aux groupes de métabolites secondaires présents dans les extraits sélectifs.

Le Tableau II indique que la plupart des composés détectés dans les extraits hexaniques sont des stérols, des terpènes et des coumarines. Ces résultats ne contredisent pas ceux rapportés par Dongo *et al.*, [27], Cho-ngwa *et al.*, [28], Gunatilaka *et al.*, [29]. La présence de ces molécules bioactives dans les plantes testées justifierait leurs vertus thérapeutiques [15], [28], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36].

Tableau II : Groupes de phytocomposés détectés dans les extraits hexaniques

Extrait	R _f , Couleurs, Composés possibles
Pp ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.81, bl ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.73, bl ^d -vi ^e , te; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -vi ^d -bf ^e , te; 0.38, j ^a -j ^b , st; 0.30, j ^a -bl ^b -vi ^c , st ^b -cou ^c ; 0.25, ve ^a -ve ^c -vi ^d -vi ^f , te; 0.20, vi ^a -vi ^b -vi ^d -j ^e -vi ^f , te; 0.15, j ^b -vi ^c -j ^e , st ^b -cou ^c ; 0.08, r ^a -j ^b -r ^c -vi ^d -o ^e -vi ^f , st ^b /te ^{d,e} .
Te ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.81, vi ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -bf ^d -bf ^e , te; 0.40, j ^a -jo ^b -j ^c -vi ^d , te ^{a,b,d} /cou ^c ; 0.36, j ^b -j ^e st; 0.25, ve ^a -jo ^b -vi ^d -j ^e , te; 0.19, jo ^b -vi ^d -j ^e -vi ^f , te; 0.15, vi ^a -jo ^b -vi ^c -vi ^d -vi ^f , te; 0.13, vi ^d -j ^e , te; 0.08, o ^a -vi ^d -j ^e -vi ^f , te
Pb ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.89, vi ^b -vi ^d -j ^e , te; 0.81, vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.75, vi ^a -j ^d -bl ^f , st; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -bf ^e , te; 0.38, j ^a -j ^b , st; 0.29, j ^a -vi ^b -ve ^c , te; 0.25, ve ^a -jo ^b -vi ^f , te; 0.20, bl ^a -jo ^b -j ^e , te; 0.14, bl ^a -jo ^b -vi ^c -vi ^d -j ^e -vi ^f , te; 0.08, o ^a -jo ^b -vi ^d -o ^e , te
Mb ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.89, vi ^b -vi ^d -j ^e , te; 0.81, j ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.75, o ^e -vi ^f , te; 0.68, vi ^c -r ^d -r ^e -vi ^f , te; 0.63, j ^a -vi ^c -vi ^d -vi ^e -vi ^f , te; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -bf ^e , te; 0.31, jo ^b -vi ^e -vi ^f , te; 0.25, ve ^a -vi ^b -ve ^c -vi ^f , te ^{b,f} /cou ^c ; 0.20, vi ^a -jo ^b -vi ^d -vi ^e -vi ^f , te; 0.13, vi ^a -vi ^b -vi ^d -vi ^f , te; 0.1, vi ^c -vi ^d -o ^e te; 0.08, o ^a -o ^b -o ^c -vi ^d -vi ^f , te
Md ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.89, vi ^b -vi ^d -j ^e , te; 0.81, vi ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -bf ^e , te ^{b,e} /cou ^c ; 0.39, j ^a -j ^b -j ^c , st; 0.20, vi ^a -jo ^b -vi ^d -j ^e , te; 0.15, j ^b -vi ^c -j ^e , st ^b /cou ^c /te ^e ; 0.13, vi ^a -vi ^b -vi ^f , te; 0.08, vi ^a -jo ^b -o ^c -vi ^d -j ^e -vi ^f , te ^{b,d,e,f} /cou ^c
Nl ^I	0.95, j ^a -j ^b -vi ^d -o ^e , st; 0.89, vi ^b -vi ^d -vi ^e , te; 0.81, bl ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.55, bf ^a -bf ^b -bf ^c -bf ^e , te; 0.29, o ^a -j ^b -ve ^c , st ^b /cou ^c ; 0.25, ve ^a -jo ^b -vi ^d , te; 0.20, bl ^a -jo ^b -j ^e , te; 0.15, bl ^a -jo ^b -vi ^d -j ^e -vi ^f , te; 0.08, o ^a -jo ^b -vi ^d -j ^e -vi ^f , te
Sl ^I	0.95, j ^a -j ^b -o ^e , st; 0.81, bl ^a -vi ^b -bl ^d -vi ^e -bl ^f , te; 0.55, bf ^a -bf ^c -bf ^e , te; 0.26, ve ^a -ve ^c -vi ^d -vi ^f , te ^{d,f} /cou ^c ; 0.16, b ^a -vi ^c -vi ^d -j ^e -vi ^f , te ^{d,e} /cou ^c ; 0.10, vi ^a -vi ^d -j ^e -vi ^f , te

*j/jaune ; vi/violette ; o/orange ; jo/jaune-orangée ; bl/bleu ; bf/bleu fluorescente ; ve/verte ; a/sans révélateur à 366nm ; b/Libermann-Buchard ; c/KOH ; d/vanilline sulfurique dans le visible ; e/ vanilline sulfurique à 366 nm ; f/Godin dans le visible ; st/stérol ; te/terpène ; cou/coumarine

Le Tableau III fait découvrir que les extraits chloroformiques contiennent des stérols, des terpènes, des coumarines, des saponines (Pp^{II}, Te^{II}, Pb^{II}, Sl^{II}) et des alcaloïdes (Md^{II}, Nl^{II}). La présence des alcaloïdes dans l'extrait de *N. latifolia*, a été déjà montrée [37]. Elle expliquerait l'utilisation des tiges et racines de cette plante dans le traitement de la malaria [38]. Quant aux alcaloïdes se trouvant dans *M. discoidea* et *N. latifolia*, nous sommes d'avis qu'ils seraient à l'origine des propriétés analgésique [32] et anti-hémorroïdale [39].

La composition phytochimique des extraits acétate éthyliques met en évidence outre les coumarines, l'existence des flavonoïdes (Tableau IV). La disponibilité de ces derniers justifierait l'usage des espèces végétales étudiées en médecine traditionnelle [40], [39], [38], [41], [42], [43], [44], [45], [46]. En effet, les flavonoïdes sont des antioxydants naturels [9], [10]. Outre leur pouvoir antioxydant, ils manifestent de nombreuses propriétés biologiques [47], [48], [49], [50].

Les flavonoïdes et les tanins ont été dépistés respectivement avec le réactif de Neu et FeCl₃ dans les extraits n-butanoliques (Tableau V). Il est à noter que leur présence est manifeste dans *M. benthamianum*, *M. discoidea*, *P. biglobosa*. En ce qui concerne *N. latifolia*, le tableau V montre bien que ses racines renferment des flavonoïdes et tanins. En revanche, l'espèce du Congo n'en contient pas [40].

Tableau III : Groupes de phytocomposés détectés dans les extraits chloroformiques

Extraits	R _f , Couleurs, Composés possibles
Pp ^{II}	0.84,bv ⁿ ,sa ; 0.73,vi ⁿ ,sa ; 0.65,vi ⁿ ,sa ; 0.60,vi ⁿ ,sa ; 0.40,vi ^a -j ^c ,cou ; 0.28,j ^a -jo ^b ,te ; 0.24,vi ^a -j ^c -j ⁿ ,cou ^{a,c} /sa ⁿ ; 0.20,o ^a -jo ^f ,fl ; 0.15,m ^a -j ^c ,cou ; 0.10,vi ^a -j ^c ,cou ; 0.08,jo ^b ,te
Te ^{II}	0.93,bl ^c cou ; 0.88,j ^c ,cou ; 0.69,j ⁿ ,sa ; 0.66,vi ^a -ve ^c ,cou ; 0.53,b ^b -ve ^c -j ^g ,cou ^{b,c} /al ^g ; 0.50,bl ^a -jo ^b -j ^c ,cou ^c ; 0.40,j ^a -jo ^b ,te ; 0.30,o ^a -j ^b -vi ⁿ ,st ^b /sa ⁿ ; 0.25,j ^a -jo ^b -j ⁿ ,te ^b /sa ⁿ ; 0.21,j ^a -j ^b -vi ^c ,st ; 0.13,j ^a -vi ^c -o ^g ,cou ^c /al ^g ; 0.09,bl ^a -j ^b -bl ^c ,st ^b /cou ^c
Pb ^{II}	0.85,bv ⁿ ,sa ; 0.79,vi ⁿ ,sa ; 0.74,vi ⁿ ,sa ; 0.66,vi ⁿ ,sa ; 0.61,o ^a -jo ^b -bl ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.39,vi ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.30, o ^a -jo ^b ,te ; 0.24,bl ^b -j ^c ,cou ; 0.13,o ^a -j ^c ,cou ; 0.08,o ^a -j ^c ,cou
Mb ^{II}	0.93,bl ^a -vi ^b -vi ^c ,te ; 0.80,o ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.75,jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.70,j ^a -bl ^b ,te ; 0.58,j ^a -jo ^b -j ^g ,te ^{a,b} /al ^g ; 0.53,j ^b -ve ^c ,st ^b /cou ^c ; 0.49,bl ^a -j ^b ,st ; 0.40,o ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.25,j ^b -j ^c ,st ^b /cou ^c ; 0.21,o ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.08,o ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c
Ma ^{II}	0.93,bl ^a -vi ^b -vi ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.81,o ^a -jo ^b ,te ; 0.70,j ^a -j ^b -o ^g ,st ^{a,b} /al ^g ; 0.53,j ^b -ve ^c -j ^g ,st ^b /cou ^c /al ^g ; 0.46,j ^b -j ^c ,cou ; 0.30,j ^a -jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.25,j ^b -j ^c ,cou ; 0.18,jo ^b -j ^c ,te ^b /cou ^c ; 0.13,j ^a -jo ^b -j ^c -o ^g ,te ^b /cou ^c /al ^g ; 0.09,j ^a -jo ^b -o ^g ,te ^{a,b} /al ^g
Nl ^{II}	0.81,j ^a -jo ^b -j ^c ,te ^{a,b} /cou ^c ; 0.70,j ^a -vi ^b -o ^g ,te ^{a,b} /al ^g ; 0.49,j ^a -jo ^b -o ^g ,st ^{a,b} /al ^g ; 0.39,j ^a -j ^c ,cou ; 0.29,j ^a -j ^b ,st ; 0.18,j ^a -j ^b ,st ; 0.13,j ^a -bl ^c -o ^g ,cou ^{a,c} /al ^g ; 0.09,j ^a -bl ^b -o ^g ,st ^{a,b} /al ^g
Sl ^{II}	0.83,vi ⁿ ,sa ; 0.79,vi ⁿ ,sa ; 0.71,vi ⁿ ,sa ; 0.65,vi ^a -bl ^c ,cou ; 0.54,m ^a -ve ^c ,cou ; 0.49,b ^a -j ^c ,cou ; 0.25,jo ^a -j ^c -j ⁿ ,cou ^c /sa ⁿ ; 0.09,j ⁿ ,sa

*bv/bleu violacée ; vi/violette ; j/jaune ; jo/jaune-orangée ; o/orange ; bl/bleu ; m/marron ; ve/verte ; a/sans révélateur à 366nm ; b/Libermann-Buchard ; c/KOH ; f/Godin ; n/ SbCl₃ ; g/ Dragendoff ; sa/saponine ; st/stérol ; te/terpène ; cou/coumarine ; al/alcaloïde

Tableau IV: Groupes de phytocomposés détectés dans les extraits acétate éthyliques

Extraits	R _f , Couleurs, Composés possibles
Pp ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.83,o ^a -j ^g , fl ; 0.76,o ^a -o ^g , fl ; 0.65,j ^a -bl ^g -j ^k , fl ; 0.59,bl ^a -bl ^g -bl ^k -bl ^c , fl/cou ; 0.46,o ^a -o ^h , fl ; 0.34,bl ^a -bl ^h , fl ; 0.29,j ^a -j ^h -vi ^k , fl ; 0.23,bl ^c , cou ; 0.20,j ^a -j ^h , fl ; 0.15,o ^a -b ^h , fl ; 0.10,j ^a -j ^h , fl ; 0.08,j ^h -bl ^k , fl
Te ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.79,j ^a -j ^h , fl ; 0.74,j ^a -o ^h , fl ; 0.70,j ^a -j ^h , fl ; 0.36,j ^a -bl ^h , fl ; 0.19,o ^a -j ^h , fl ; 0.13,j ^a -j ^h , fl ; 0.08,o ^a -j ^h , fl
Pb ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.83,j ^a -j ^h , fl ; 0.78,j ^a -j ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.64,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.58,j ^a -j ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.35,j ^a -j ^h , fl ; 0.30,j ^a -j ^h -m ^c , fl ^h /cou ^c ; 0.21,j ^a -j ^h -m ^c , fl ^h /cou ^c
Mb ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.69,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.38,j ^a -j ^h , fl ; 0.31,bl ^k -m ^c , cou ; 0.19,m ^a -bl ^h , fl ; 0.10,o ^a -j ^h -j ^k , fl
Ma ^{III}	0.89,j ^a -j ^h -j ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.66,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.38,j ^a -b ^h , fl
Nl ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.84,j ^a -j ^h , fl ; 0.78,j ^a -j ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.71,j ^a -j ^h -b ^k , fl ; 0.68,j ^a -j ^h -bl ^k , fl ; 0.64,bl ^a -bl ^h -j ^k , fl ; 0.60,bl ^a -bl ^h -j ^k -bl ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.54,j ^a -vi ^h -b ^k , fl ; 0.44,j ^a -bl ^h , fl ; 0.38,bl ^a -ve ^h -ve ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.30,j ^a -vi ^h -bl ^k , fl ; 0.26,j ^a -j ^h -j ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.19,o ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.13,o ^a -vi ^h -j ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.09,j ^h -j ^k , fl
Sl ^{III}	0.88,j ^a -j ^h -j ^k -bl ^c , fl ^{h,k} /cou ^c ; 0.83,j ^a -j ^h , fl ; 0.78,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.70,j ^a -j ^h , fl ; 0.65,j ^a -o ^h -j ^k , fl ; 0.60,bl ^a -bl ^h , fl ; 0.51,o ^a -j ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.46,o ^a -j ^h , fl ; 0.35,bl ^a -bl ^h -j ^k , fl ^h /cou ^c ; 0.20,j ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.14,o ^a -j ^h -j ^k , fl ; 0.09,bl ^a -j ^h -j ^k -j ^c , fl ^{h,k} /cou ^c

*bl/bleu ; vi/violette ; j/jaune ; o/orange ; m/marron ; a/sans révélateur à 366nm ; c/KOH ; h/ Neu à 366nm ; k/AlCl₃ à 366nm ; fl/flavonoïde ; cou/coumarine

Tableau V: Groupes de phytocomposés détectés dans les extraits n-butanoliques

Extrait	R _f , Couleur, Composé possible
Pp ^{IV}	0.80 ; 0.70 ; 0.54 ; 0.46 gn ⁱ , ta ; 0.34,vi ^h -gn ⁱ , fl/ta ; 0.31,ve ^a -j ^h -gn ⁱ , fl / ta ; 0.24 ; 0.18 gn ⁱ , ta ; 0.13,jo ^h -gn ⁱ , fl / ta
Te ^{IV}	0.55,bl ^h , fl ; 0.41,o ^a -ve ^h , fl ; 0.24,vi ^a -j ^h , fl ; 0.20, gn ⁱ , ta ; 0.14,gn ⁱ , ta ; 0.09,j ^a -j ^h -gn ⁱ , fl / ta
Pb ^{IV}	0.79 ; 0.50 ; 0.44 ; 0.38 ; 0.29 ; 0.21 ; 0.15 gn ⁱ , ta
Mb ^{IV}	0.79 ; 0.54 ; 0.43 ; 0.39 ; 0.26 ; 0.20 ; 0.16 ; 0.13 ; 0.08 gn ⁱ , ta
Ma ^{IV}	0.76 ; 0.49 ; 0.39 ; 0.34 ; 0.29 ; 0.20 ; 0.16 ; 0.10 ; 0.08 gn ⁱ , ta
Nl ^{IV}	0.90,gn ⁱ , ta ; 0.81,gn ⁱ , ta ; 0.79,j ^h , fl ; 0.68,j ^h , fl ; 0.59,bl ^a -bl ^h , fl ; 0.50,vi ^a -bl ^h , fl ; 0.39,bl ^a -bl ^h , fl ; 0.34,j ^h , fl ; 0.25,jo ^a -j ^h , fl ; 0.18,j ^a -j ^h , fl ; 0.10,j ^a -j ^h , fl
Sl ^{IV}	0.49,bl ^a -j ^h , fl ; 0.33,bl ^a -bl ^h , fl ; 0.21,j ^a -j ^h , fl ; 0.10,bl ^a -j ^h , fl

*bl/bleu ; gn/gris-noire ; j/jaune ; jo/jaune orangée ; vi/violette ; a/sans révélateur à 366nm ; i/FeCl₃ dans le visible ; h/ Neu à 366nm ; fl/flavonoïde ; ta/tanin

Tableau VI : Couleurs des spots correspondant aux métabolites secondaires révélés en CCM en fonction des réactifs utilisés

Réactif	Coloration des spots métabolites secondaires révélés
Liebermann-Bürchard	Stérols: brune, verte (visible) ; jaune, jaune-vert (UV/366 nm) Terpènes : géninetrirpénique: bleue, violette (visible); triterpène de type oléane et ursane: rouge (UV/366 nm); triterpène de type lupane: jaune-orangé (UV/366 nm) [52], [53].
Godin	Stérols: violette, brune (visible) ou marron, brune (UV/366 nm); Terpène: violette (UV/366 nm); Flavonoïdes: jaune, orange [51], [53].
Vanilline sulfurique	Terpènes (génine terpénique): bleue, verte, violette, rose, orange (visible) [54].
KOH/MeOH	Coumarines: jaune (visible) et colorations diverses (UV/366nm); Daphnétine: jaune (visible et UV/366nm) [15], [14], [53].
Neu	Flavonoïdes: fluorescences orange, jaune, bleue, verte (UV/ 365 nm) [55], [53]
AlCl ₃	Flavonoïdes: jaune (visible) mais change en fluorescences allant du bleu au brun (UV/366 nm)[56]; jaune-vert fluorescent (UV/366 nm), [52], [53].
Dragend'off	Alcaloïdes: orange [52].
FeCl ₃	Polyphénols: rouge, bleu, vert ; tanins: grise, brune (visible) [52].
SbCl ₃	Saponosides: type stéroïdique(jaune); type triterpénique(rose-violet) [15].

4.2 COMPOSITION QUANTITATIVE DES EXTRAITS HYDROMETHANOLIQUES

4.2.1 TENEUR EN PHENOLS TOTAUX

Les composés phénoliques sont très répandus dans le règne végétal. Les plantes que nous avons analysées n'ont pas fait exception. En effet, elles en contiennent en quantité significative variable ($2444,35 \pm 0,01$ - $8805,94 \pm 0,01 \mu\text{gEAG/g}$) (figure 1). Ces résultats montrent vraisemblablement la richesse des plantes testées en phytophénols. D'autres études rapportées sur les teneurs en phénols totaux ($3493,17$ - $7818,66 \mu\text{g EAG/g}$ de MS) de 10 plantes médicinales de Côte d'Ivoire employées dans la tradithérapie de l'hypertension artérielle [21] et sur celles ($8777,074$ - $3007,661 \mu\text{g EAG/g}$ de MS) de 7 autres exploitées dans le traitement traditionnel du cancer du sein [26], ne contredisent pas nos constats, mais confirment par ailleurs que les composés phénoliques sont naturellement les plus répandus dans le monde végétal au nombre des métabolites secondaires connus. L'extrait de *P. biglobosa* est le plus riche en polyphénols ($8805,93 \pm 0,01 \mu\text{gEAG/g}$) (figure 1), ce qui est en accord avec les résultats du criblage phytochimique, lesquels ont montré que ses extraits acétate éthylique et n-butanolique sont majoritairement constitués de tanins, flavonoïdes et de coumarines (Tableaux IV, V).

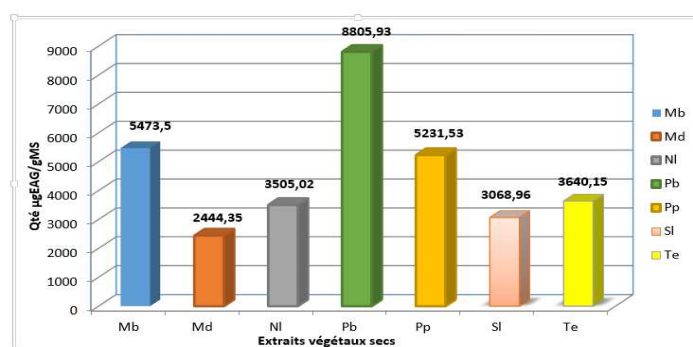


Figure 1 : Teneurs en phénols totaux (en μg éq.acide gallique par g de matière sèche)

4.2.2 TENEUR EN FLAVONOÏDES TOTAUX

La teneur en flavonoïdes totaux varie considérablement d'une plante à une autre (figure 2). La plus forte valeur est celle de l'extrait des écorces de racine de *M. benthamianum* ($10,10 \pm 0,01\%$) tandis que celle de *M. discoidea* ($1,14 \pm 0,01\%$) est la plus faible. Les 5 autres plantes présentent des teneurs modestes en flavonoïdes totaux (figure 2). En comparant les résultats observés avec ceux issus des travaux de N'Guessan et al., [21] sur les feuilles de *Ocimum gratissimum* ($17,61 \pm 4,78\%$), *Achornea cordifolia* ($14,31\%$), *Vernonia colorata* ($12,95\%$) et de Kabran et al., [26] sur *Nymphaea lotus* ($13,984\%$), *Ageratum*

conyzoïdes (10,014 %) et de *Combretum paniculatum* (8,836 %), il apparaît que les flavonoïdes sont abondamment disponibles dans les feuilles par rapport aux autres organes des plantes.

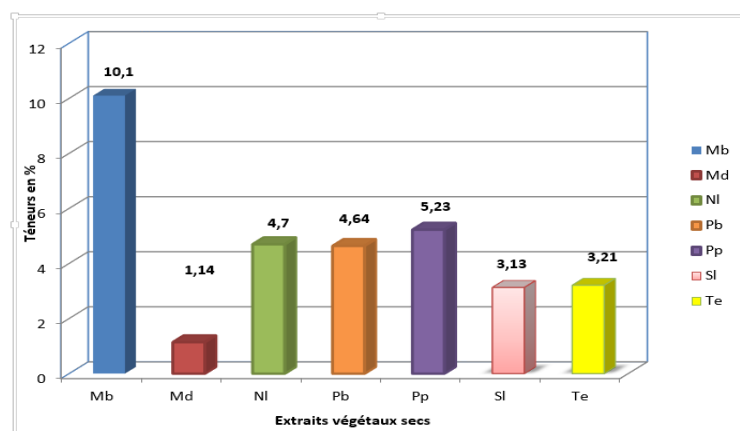


Figure2 : Teneurs en flavonoïdes totaux (en %éq. quercétol)

4.2.3 TENEUR EN AGLYCONES FLAVONIQUES

Le dosage des aglycones flavoniques a donné des proportions variables (figure 3). Les valeurs les plus élevées sont observées avec les extraits d'écorces de *M. benthamianum* ($0,015 \pm 0,001$ mg/g), *N. latifolia* ($0,014 \pm 0,001$ mg/g) et de *S. longepedunculata* ($0,014 \pm 0,001$ mg/g). Ce qui indique bien qu'au nombre des flavonoïdes, les flavonols sont contenus dans les 7 plantes analysées.

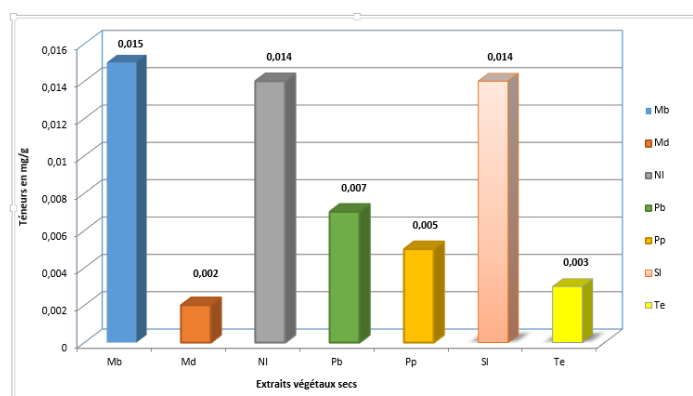


Figure 3 : Teneurs en aglycones flavoniques (exprimées en mg éq. quercétol par g de matière sèche)

4.2.4 TENEUR EN ANTHOCYANES

Les teneurs en anthocyanes (figure 4) sont variables. La teneur la plus faible ($0,070 \pm 0,001$ mg/g) est celle que signent les écorces des racines de *S. longepedunculata* ($0,632 \pm 0,001$ mg/g), alors que les tiges de *P. pinnata* exhibent la teneur la plus élevée. Ces résultats comparés à ceux de N'Guessan *et al.*, [21] et de Kabran *et al.*, [26], il ressort que les parties aériennes des végétaux sont quantitativement plus riches en anthocyanes que les écorces de racine.

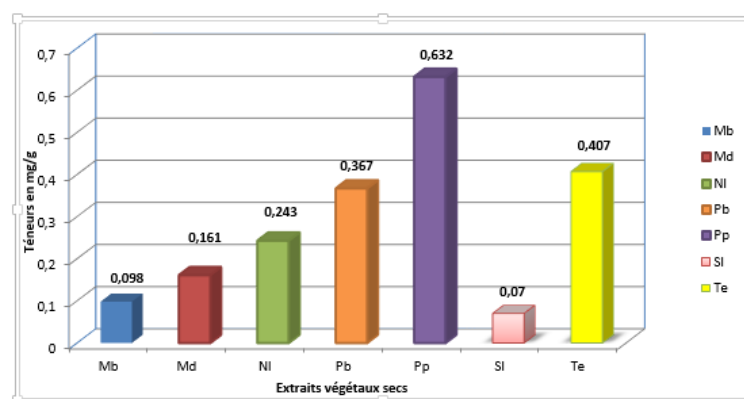


Figure 4 : Teneurs en anthocyanes

4.2.5 DOSAGE DES TANINS CONDENSES TOTAUX

Le dosage des tanins condensés totaux a révélé des quantités variables (figure 5). En effet, leurs teneurs dans *P. pinnata* ($52,25 \pm 0,61 \mu\text{gECT/mg}$), *M. discoidea* ($50,66 \pm 0,53 \mu\text{gECT/mg}$), *N. latifolia* ($41,67 \pm 0,30 \mu\text{gECT/mg}$), *P. biglobosa* ($40,08 \pm 1,33 \mu\text{gECT/mg}$), *Trichilia emetica* ($38,50 \pm 0,30 \mu\text{gECT/mg}$) sont significatives. *M. benthamianum* et *S. longepedunculata* ont signé les plus faibles teneurs en tanins condensés respectivement $17,34 \mu\text{gECT/mg}$ et $3,07 \mu\text{gECT/mg}$. La présence des tanins condensés dans les extraits analysés a bien été prédite par le criblage phytochimique (Tableau V). Les feuilles et l'écorce de l'hamamélis (reconnu par l'OMS) qui contiennent environ 8 à 12% de tanins, sont employés pour soigner les varices et les hémorroïdes grâce à leurs effets astringents, anti-inflammatoires, hémostatiques [57] et vasoconstricteurs [50]. A cet égard, les teneurs en tanins condensés des plantes que nous avons analysées, justifient leur usage dans le traitement traditionnel des hémorroïdes.

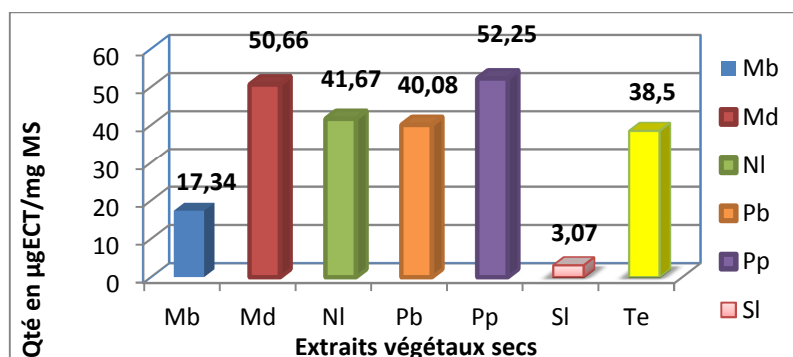


Figure 5: Teneurs en tanins totaux (exprimées en μg éq. catéchine par mg de matière sèche)

5 ACTIVITE ANTIOXYDANTE DES EXTRAITS SELECTIFS

Les différents pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits sélectifs comparativement à la vitamine C, sont présentés dans les figures 6, 7, 8, 9.

Les extraits hexaniques montrent un potentiel antioxydant notable quelque soit la concentration de l'extrait (figure 6). Les pourcentages d'inhibition les plus élevés sont enregistrés pour *M. benthamianum* (83,33% à 0,125 mg/mL), *P. pinnata* (84,85% à 0,25 mg/mL), *S. longepedunculata* (81,82% à 0,125 mg/mL) et *Trichilia emetica* (83,34% à 0,0625 mg/mL). Cependant, ceux-ci sont inférieurs aux pourcentages d'inhibition de la vitamine C qui varient entre 99,5% et 100% en fonction des concentrations. A l'analyse du Tableau II, l'action synergique des stérols, des terpènes et des coumarines présents dans les extraits hexaniques semble être à l'origine de leur comportement antioxydant.

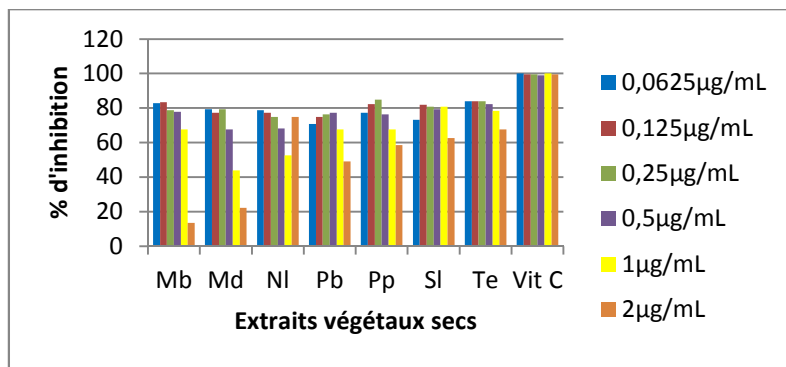


Figure 6: Profil antioxydant des extraits hexaniques

Au vu de la figure 7, tous les extraits chloroformiques des plantes testées, exhibent une aptitude antioxydante significative. Toutefois, celui de *N. latifolia* montre un meilleur pouvoir inhibiteur à 2 mg/mL (95,45%).

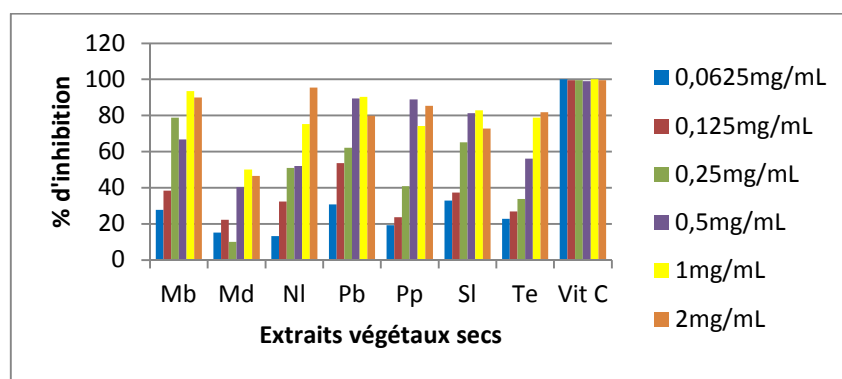


Figure 7 : Profil antioxydant des extraits chloroformiques

La manifestation du potentiel anti radicalaire vis-à-vis du DPPH des extraits chloroformiques serait probablement liée à la présence des terpènes et des coumarines (Tableau III).

La figure 8 montre que tous les extraits acétate éthyliques présentent une remarquable activité antioxydante comparativement à celle de la vitamine C (100% à toutes les concentrations), avec des pourcentages d'inhibition enregistrés (100% à 0,125 mg/mL), (98,99% à 0,25 mg/mL), (98,90% à 0,25 mg/mL), (97,48% à 0,5 mg/mL), (95,45% à 0,125 mg/mL), (93,43% à 0,25 mg/mL) et (90,40% à 0,25 mg/mL) pour respectivement *M. discoidea*, *M. benthamianum*, *T. emetica*, *N. latifolia*, *P. biglobosa*, *S. longepedunculata* et *P. pinnata*. Les phytophénols (Tableau IV) constituant lesdits extraits semblent être à l'origine de leur activité antioxydante remarquable.

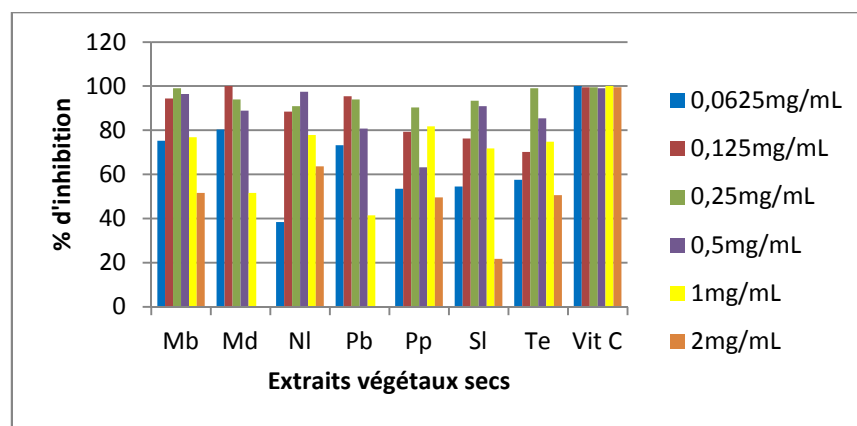


Figure 8 : Profil antioxydant des extraits acétate éthyliques

Les différents pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits n-butanoliques, sont consignés dans la figure 9. Il en ressort que ces extraits montrent un bon profil d'inhibition dudit radical (100% à 0,5 mg/mL), (100% à 0,25 mg/mL), (99,5% à 2 mg/mL), (98,49 % à 2 mg/mL), (96,97 % à 0,5 mg/mL), (96,47 % à 0,5 mg/mL), (89,90 % à 1 mg/mL) respectivement pour *M. discoidea*, *P. pinnata*, *M. benthamianum*, *N. latifolia*, *S. longepedunculata*, *P. biglobosa*, *T. emetica*; ce qui semble être justifié par la présence notable des flavonoïdes et des tanins dans les extraits testés (Tableau V).

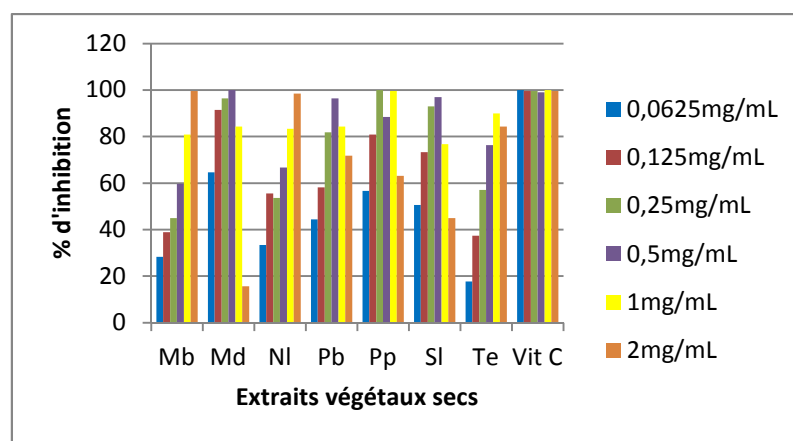


Figure 9 : Profil antioxydant des extraits n-butanoliques

6 CONCLUSION

Dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales à propriétés anti-hémorroïdaires, nous avons porté notre choix sur 7 plantes du centre de la Côte d'Ivoire, à savoir *Mezoneuron benthamianum*, *Margaritaria discoidea*, *Nauclea latifolia*, *Parkia biglobosa*, *Paullinia pinnata*, *Securidaca longepedunculata* et *Trichilia emetica*. Le screening phytochimique par CCM réalisé sur les extraits sélectifs (hexaniques, chloroformiques, acétate éthyliques et n-butanoliques) a mis en évidence la présence de stérols, terpènes, saponines, coumarines, tanins et de flavonoïdes dans toutes les plantes. Les alcaloïdes sont présents dans les écorces de tronc de *Margaritaria discoidea* et de racines de *Nauclea latifolia*. En sus, l'analyse quantitative desdites plantes, a révélé des teneurs considérables en phénols, flavonoïdes et en tanins condensés totaux; lesquelles leur confèrent un bon pouvoir antioxydant, qui justifierait leur emploi récurrent en thérapie traditionnelle contre plusieurs pathologies en particulier les hémorroïdes. Aussi, outre les tanins condensés, la présence des phytoconstitués phénoliques et des alcaloïdes contribuerait-elle à expliquer leur emploi dans le traitement dans ladite pathologie. L'isolement de ces métabolites secondaires et leurs études pharmacologiques sont en cours de réalisation pour rationnellement le confirmer.

REFERENCES

- [1] HARBORNE J.B., Plant phenolics. In: BELL EA, CHARLWOOD BV (eds) *Encyclopedia of Plant Physiology*, vol. 8 Secondary Plant Products, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York., pp. 329-395, 1980.
- [2] LHUILIER A., Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes Malgaches : *Agauria salicifolia* Hook. F ex olivier, *Agauria polyphylla* Baker (*Ericaceae*), *Tambouris satrichophylla* Baker (*Monimiaceae*) et *Embelia concinna* Baker (*Myrsinaceae*). Thèse de doctorat. Toulouse, 2007.
- [3] CHAUTEMS R., ZUFFEREY G., ROCHE B., Pathologie hémorroïdaire : approche diagnostique et thérapeutique à l'usage du praticien, pp. 869-874, 2005.
- [4] Gerritsen M.E., Carley W.W., Ranges G.E., Shen, C.P., Phan, S.A., Ligon G.F., Perry C.A., Flavonoids inhibit cytokine-induced endothelial cell adhesion proteingene expression. *Amer. J. Pathol.*, 147, pp. 278-292, 1995.
- [5] MULDOON M.F., KRITCHEVSKY S.B., Flavonoids and heart disease. *Brit Med J.*, 312, pp. 458-459, 1996.
- [6] TOREL J., CILLARD J., CILLARD P., Antioxydants activities of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochemistry* 25, pp. 383-385, 1986.
- [7] HUSAIN S., CILLARD J., CILLARD P Hydroxyl radical scavenging activity of flavonoids. *Phytochemistry* 26, pp. 2489-2492, 1987.
- [8] SHAHIDI F., WANASUNDARA P., Phenolic antioxydants. *Critical Review in food Science and Nutrition* 32, pp. 67-103, 1992.
- [9] HARBONE J., WILLIAM C., Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* Vol.55 No.6, pp. 481-504, 2000.
- [10] D'ABROSCA D., PACIFICO S., CEFARELLI G., MASTELLONCE C., FIORENTINO A. *Limoncella apple'* an italian apple cultivar : phenolic and flavonoid contents and antioxydant activity. *Food chemistry* 104, pp. 1333-1337, 2007.
- [11] COSPITE M., Double-blind, placebo-controlled evaluation of clinical activity and safety of Daflon 500 mg in the treatment of acute hemorrhoids, *Angiology*, Vol. 45, No. 6, pp. 566-73, 1994.
- [12] OISZEWSKI W., Clinical efficacy of micronized purified flavonoid fraction in edema, *Angiology*, Vol. 51, No. 1, pp. 9-25, 2000.
- [13] GLINSKI W., CHODYNICKA B., Effectiveness of a micronized purified flavonoid fraction in the healing process of lower limb ulcers. *Minerva Cardioangiol* 49, pp. 14-107, 2001.
- [14] GEORGIEVSKII V. P., KOMISSARENKO N. F., DMITROUK S. E., Biologisheskhi aktivniè vechevstva lekarstvenkhi ractenii médicinales, édition « Naouka » *Novosibirsk*: p. 336 (Traduit du russe) 1990.
- [15] LADIGINA E. Y., SAFRONICH L. N., OTRIACHEVA V. E., BALANDINA I. A., GRINKEVICH N. I., SOROKINA A. A., GLIZIN V. I., MOLODOJNKOVA L. M., MITIN Y. S., SAMILINA I. A., ERMAKOVA V. A., *Khimicheskii analiz lekarstvenii rastenii, Moskva vischaya chkola*, p.172 (traduit du russe) 1983.
- [16] DAWSON R., ELLIOTT D., ELLIOTT W., JONES K., Edition Mir, Moscou. *Dictionnaire de biochimiste*, 1991.
- [17] SINGLETON V.L., ORTOFER R., LAMUELA-RAVENTOS R.M., Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Packer L (ed) *Methods in enzymology Orlando Academic Press*: pp. 152-178, 1999.
- [18] HEILEROVÁ L., BUČKOVA M., TARAPČIK P., SILHÁR S., LABUDA J., Comparison of antioxydative activity data for aqueous extracts of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Thyme (*Thymus vulgaris* L.), and Agrimony (*Agrimonia eupatoria* L.) obtained by conventional methods and the DNA-based biosensor. *Czech Journal Food Science* Vol.21, No.2, pp. 78-84, 2003.
- [19] KONAN K., Etude chimique et évaluation de l'activité antioxydante de quatre plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé: p.112, 2010.
- [20] HARIRI E.B., SALLÉ G., ANDARY C., Involvement of flavonoids in the resistance of two poplar cultivars to *mistletoe* (*Viscum album* L.), *Protoplasma* Vol. 162, No. 1, pp. 20-26, 1991.
- [21] N'GUESSAN A.H.O., DAGO D.C. E., MAMYRBEKOVA-BEKRO J.A., BEKRO Y-A., Teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales employées dans la tradithérapie de l'hypertension artérielle, une pathologie émergente en Côte d'Ivoire. *Revue de génie industriel* 6, pp. 55-61, 2011.
- [22] LEBRETON P., JAY M., VOIRIN B., Sur l'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes ; *Chim. Anal.*; Paris; Vol. 49, No. 7, pp. 375-383, 1967.
- [23] BROADHURST R.B., JONES W.T., Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29, pp.788-794, 1978.
- [24] HEILMER D., VIGNDINI P., DINI MG., VINCIERI FF., ROMANI A., Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food chemistry* 99, pp. 464-469, 2006.
- [25] BLOIS M.S. Antioxydant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181, pp. 1199 -1200, 1958.

- [26] KABRAN G. R. M., AMBEU N'TA C., MAMYRBEKOVA-BEKRO J. A., BEKRO Y-A., Phenols et Flavonoïdes Totaux Dans Les Extraits Organiques de Dix Plantes Utilisees Dans la Tradithérapie du Cancer du Sein en Côte d'Ivoire. *Eur. J. Sci. Res.*, Vol. 68, No. 2, pp. 182-190, 2012.
- [27] DONGO E., HUSSAIN H., MIEMANANG R.S., TAZOO D., SCHULZ B., KROHN K., Chemical constituents of *Klainedoxa gabonensis* and *Paullinia pinnata*. *Rec. Nat. Prod.* 3, pp. 165–169, 2009.
- [28] CHO-NGWA., MELANIE A., MOSES N.N., KENNEDY D.N. *BMC Complementary and Alternative Medicine* Vol. 10, No. 62, 2010.
- [29] GUNATILAKA A., LESLIE A., BOLZANI V.D.S., DAGNE E., HOFFMAN G.A., JOHNSON R.K., MC CABE F.L., MATTERN M.R., KINGSTON D.G.I. Limonoids showing selective toxicity to DNA repair – deficient yeast and other constituents of *Trichilia emetica*. *J. Nat. Prod.*, Vol. 61, No. 2, pp. 179-184, 1998.
- [30] ZAMBLE A., MARTIN-NIZARD F., SAHPAZ S., T HENNEBELLE., STAELS B., BORDET R., DURIEZ P., BRUNET C., BAILLEUL F., Vasoactivité, antioxydantes et aphrodisiaques de racines *Caesalpinia benthiana*. *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 116, No.1, p. 112, 2008.
- [31] DICKSON R.A., HOUGHTON P.J., HYLANDS P.J., Diterpenoides de cassane antibactériennes et antioxydantes de *Caesalpinia benthiana*. *Phytochimie*, Vol. 68, No. 10, pp. 1436-1441, 2007.
- [32] ADEOLU A. A., MARGARET O. S., ANTHONY J.A., *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 57, No. 4 pp. 1193-1200, 2009.
- [33] IOR L., UGURU M., OLOTU P., OHENU T., UKPE A. Evaluation of analgesic and antiinflammatory activities and phytochemical screening of the leaves extract of *Paullinia pinnata* (sapindaceae). *J. Chem. Pharm. Res.*, Vol. 3 No. 4 pp. 351-360, 2011.
- [34] EFFIONG G.S., UDOH I.E., UDO N.M., ASUQUO E. N., WILSON L. A., NTUKIDEM I.U., NWOKE I.B. *International Research Journal of Plant Science*, Vol. 4, No. 2, pp. 55-63, 2013.
- [35] NGONDA F., ZAKALIA M., PLACID M., JONAS M., Evaluation of Malawian *Vernonia glabra* (Steetz) Vatke leaf and *Securidaca longepedunculata* (Fresen) root extracts for antimicrobial Activities. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, Vol. 2, No. 11 pp. 026-033, 2012.
- [36] JUNAIDU S., SHEHU K., ALIERO A. A., BAWA J. A., SULEIMAN I. Evaluation of Antifungal and Phytochemical Properties of Violet Tree (*Securidaca longepedunculata*). *Global Journals Inc. (USA)*: pp. 0975-5896, 2014.
- [37] TRAORE F., Evaluation de l'activité antimalarique de *Glinus oppositifolius* (L.) A.D.C., *Nauclea latifolia* (SM.), *Mitragyna inermis* (Willd), O. Kuntze, trois plantes utilisées en médecine traditionnelle au Mali. Thèse de doctorat, Université de Marseille II, p. 199, 1999.
- [38] BENOIT-VICAL F., VALENTIN A., COURMAC V., PELISSIER Y., MALLIE M. BASTIDE J.M, In vitro antiplasmodial activity of stem and root extract of *Nauclea latifolia* SM (Rubiaceae). *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 61, pp. 173-178, 1998.
- [39] ADJANOHOUN E.J., AKE ASSI L., FLORET J.J., GUINKO S., KOUMARÉ M., AHIYI A.M.R., RAYNAL J., (Médecine traditionnelle et pharmacopée, contribution aux études ethnobotaniques et floristiques du Mali. *ACCT, Paris, 3^e ed.*, p. 291, 1981.
- [40] KERHARO J., ET BOUQUET A., « Plantes médicinales et toxiques de la Côte d'Ivoire », 1950.
- [41] DIALLO D., Ethnopharmacological Survey of Medecinal Plants in Mali and Phytochemical Study of four of them: *Glinus oppositifolius* (Aizoaceae), *Diospyros abyssinica* (Ebenaceae), *Entada africana* (Mimosaceae), *Trichilia emetica* (Meliaceae). PhD degree thesis, *pharmacognosy*, Lausanne, p. 221, 2000.
- [42] AKE-ASSI L., Abrégé de médecine et de pharmacopée africaine. Quelques plantes employées traditionnellement dans les couvertures des soins de santé primaire. *NEI/CEDA*, p. 157, 2011.
- [43] TSHISIKHAWA M.P., BALOYI O., LIGAVHA-MBELENGWA M.H., BHAT R.B., The population ecology of *Securidaca longepedunculata* Fresen. In the Nylsvley Nature Reserve, *Limpopo Province, South Africa*. *FYTON* ISSN 0031 9457, 81 pp. 107-112, 2012.
- [44] OSHO A., Ethnopharmacologique Propriétés de *Cesalpinia benthiana*- Une critique Mini. Colombie. *Microbiology Research Journal*, Vol. 4, No. 2, p 206, 2014.
- [45] LUNGA P.K, QIN XU-JIE, YANG XING W, KUIATE J.-R., DU Z.Z., GATSING D., Antimicrobial steroidal saponin and oleanane-type triterpenoid saponins from *Paullinia pinnata*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 14: p. 369, 2014.
- [46] MONGALOA N.I., MCGAWB L.J., FINNIEB J.F., VAN STADENB J., *Securidaca longepedunculata* Fresen (Polygalaceae): A review of its Ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological properties and toxicology. University of South Africa, College of Agriculture and Environmental Sciences, South Africa. 2015
- [47] DI CARLO G., MASCOLO N., IZZO A. A., CAPASSO F., Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sciences*, Vol.65, No.4, pp. 337-353, 1999.
- [48] MOHAMMEDI Z., Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemen. *Thèse de magister Université Abou Bahr Belkaïd Tlemen*, p. 104, 2006.

- [49] BOUA B., BEKRO Y-A., MAMYRBEKOVA-BEKRO J., WACOTHON K., EHILE E., Assessment of sexual stimulant potential of total flavonoids extracted from leaves of *Palisota hirsute* Thumb. K. Schum (Commelinaceae). *Eur. J. Sci. Res.*, Vol.22, No.4, pp. 533-538, 2008.
- [50] BRUNETON J., Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4^{ème} Edition, Lavoisier Tec. & Doc, Paris (France) Paris: p. 1288, 2009.
- [51] CHAABIB K.F., Thèse de doctorat. Université de Lausanne (Suisse): p. 211, 2004.
- [52] LAGNIKA L., Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur (Strasbourg/France): p. 267, 2005.
- [53] N'GAMAN K.C.C., BEKRO Y-A., MAMYRBEKOVA-BEKRO J. A., BENIE A., GOORE S., Sur la Composition en Métabolites Secondaires et L'activité Anti-Oxydante D'extraits Bruts de *Gmelina Arborea* Roxb. (Verbanaceae) de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest: Analyse par Chromatographie en Couche Mince. *Eur. J. Sci. Res.*, Vol. 36, No. 2, pp. 161-171, 2009.
- [54] BENKIKI N., Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes : *Rutamontana*, *Marticaria pubecens* et *Hypericum perforatum*. Thèse de doctorat d'état. Université El Hadj Lakhar Batru (Algérie): p. 188, 2006.
- [55] WAGNER H., BLADT S., ZGAINSKI E., Plant drug analysis, a thin layer, chromatography atlas. *Springer Verlag*, Berlin Heidelberg, 2nd éd. New York: p. 320, 1996.
- [56] MERCK E., Révélateurs pour la chromatographie en couche mince et sur papier. *Darmstadt*: pp. 12-153, 1980.
- [57] http://www.alive.com/fr/education/articles/prevention_et_traitement_des_hemorroides (30/01/2016)

Les inégalités éducatives se nourrissent-elles des inégalités sociales ? Réponse à partir d'une étude comparative (Région maghrébine *versus* région sud-est asiatique)

Ibtissem OMRI¹ and Mohamed Tlili HAMD²

¹URDEE / Université de Sfax, Institut Supérieur d'Administration des Affaires de Sfax (ISAAS), Sfax, Tunisia

²URED / Université de Sfax, Institut Supérieur d'Administration des Affaires de Sfax (ISAAS), Sfax, Tunisia

Copyright © 2016 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: Devenues aujourd'hui un fait « stylisé », les disparités éducatives observées aussi bien sur le plan national qu'international sapent de plus en plus les efforts déployés par les gouvernements en matière d'éducation. Ainsi, cette question a attiré toute notre attention qui va être portée sur les inégalités éducatives dans la région maghrébine. On cherche essentiellement à confronter l'expérience de la Tunisie à celle de la Corée du sud en matière d'inégalité scolaire. Il s'est avéré que ce type d'inégalité se nourrit des inégalités sociales, aggravé par l'effet enseignant. Toutefois, le rôle de l'école reste nettement différent dans la reproduction des inégalités au sein des deux pays.

KEYWORDS: Enseignant, inégalités sociales, inégalités scolaires, Tunisie, Corée du sud.

1 INTRODUCTION

A vrai dire, ce qui nous pousse à faire cette étude est le recul remarquable enregistré par la région maghrébine en matière d'éducation, chose qui se manifeste clairement via les classements internationaux (PISA, classement de Shanghai, ...). D'ailleurs, ces dernières années, les pays du Maghreb étaient toujours à la traîne des classements éducatifs, marquant toujours des faibles scores. Ces résultats sont jugés étonnants vu les dépenses et les efforts fournis par les gouvernements dans ce sillage, depuis l'indépendance de ces économies.

De ce fait, nous essayons dans le cadre de cette étude de mettre l'accent sur l'ampleur des inégalités éducatives, considérées comme un facteur déstabilisateur et influençant négativement le rendement éducatif et la qualité des systèmes éducatifs maghrébins. Ainsi, on peut affirmer que l'école a changé du rôle; d'un ascenseur social à un reproducteur d'inégalités.

Dans la réalité, cette question est multidisciplinaire et elle était largement traitée et abordée aussi bien par les sociologues et les psychologues que par les économistes et les démographes. De ce fait, plusieurs théories ont été proposées afin de mettre le doigt sur les causes de ce genre d'inégalités. Par exemple, les économistes ont souligné l'importance de la question de financement de l'éducation. Même si l'Etat assure la gratuité de l'éducation, les parents assument toujours des coûts indirects qui pèsent lourdement sur la décision d'éducation. Ce sont essentiellement des coûts d'opportunité liés au travail des enfants. Boudon (1990) affirme que ces coûts sont croissants si on descend l'échelle sociale. Une autre explication suggérée par les démographes montre que l'échec scolaire est plus répandu chez les familles nombreuses vivant dans les milieux défavorisés. Mais, l'explication la plus satisfaisante chez les sociologues s'attache à l'héritage culturel des parents. En fait, ces inégalités sont en rapport direct avec le statut social des élèves et le niveau d'éducation de leurs parents (la nature du diplôme obtenu).

Ainsi, notre attention particulière s'attache à montrer que les inégalités éducatives trouvent leur origine dans les inégalités sociales notamment pour le cas tunisien, et elles se creusent davantage à cause surtout de la médiocrité du corps enseignant (« effet maître »).

Pour ce faire, nous avons organisé notre travail en trois sections. *i)* Dans la première section, nous allons essayer de passer un survol de la littérature quant à la relation théorique et empirique qui existent entre les inégalités éducatives et les inégalités sociales. Pour cela nous avons concentré notre effort sur la capacité d'obtention du diplôme de fin d'études secondaires (baccalauréat). *ii)* Quant à la deuxième section, nous offrons une brève lecture quant à l'état des disparités éducatives aussi bien pour le cas maghrébin (Tunisie) que pour le cas asiatique (Corée du sud). Là, nous apprécions bien la différence entre les deux cas, essentiellement en termes du rôle de l'école. *iii)* Plusieurs éléments impliquent l'école dans l'aggravation des disparités éducatives, mais nous insistons sur un seul élément qui accompagne les inégalités sociales et qui causent directement ou indirectement des inégalités éducatives, à savoir l'importance du corps enseignant dans les écoles et les collèges. Ça sera alors l'objet de la troisième section.

2 INEGALITES SOCIALES VERSUS INEGALITES EDUCATIVES ; QUELS LIENS ? (CAS D'OBTENTION DU DIPLOME DU BACCALAUREAT)

Les inégalités d'une façon générale sont cumulatives, c'est-à-dire que des inégalités entraînent des nouvelles inégalités et les disparités initiales persistent, et on rejoint dans ce cadre les idées des nouvelles théories de la croissance économique, qui considèrent que l'histoire compte, et les dotations initiales déterminent les trajectoires finales. En quelques sortes, les inégalités initiales tendent à s'aggraver au fil du temps, et le fossé entre les catégories sociales risque de s'intensifier.

Cela nous renvoie à la question des origines sociales et leurs répercussions sur les destins scolaires des individus, notamment en termes de résultats éducatifs. Cela risque de toucher directement les orientations des élèves (notamment les orientations postsecondaires), ce qui engendre certainement des disparités en termes de cursus professionnels.

2.1 LES INEGALITES SOCIALES IMPLIQUENT DES INEGALITES EN TERMES DE REUSSITE EN BACCALAUREAT...

Certaines études affirment que les enfants des pauvres réussissent moins bien que les enfants des plus riches (Duru-Bellat, 2002), et un nombre important des études affirme que l'égalité méritocratique des chances n'est pas réalisable, et ce sont essentiellement les inégalités initiales socioculturelles qui déterminent le cursus scolaire et professionnel des élèves.

Nous avons choisi de parler de la réussite en concours de baccalauréat pour deux principales raisons. La première s'attache à la faiblesse du taux de redoublement dans le cycle primaire¹ et secondaire. Donc le passage d'un niveau à un autre est pratiquement automatique, et la réussite ne relève pas vraiment une grande importance. La deuxième raison est en relation avec l'importance accordée à ce diplôme presque dans tous les pays du monde, vu qu'il détermine généralement l'avenir professionnel des candidats². Donc, étudier les inégalités devant le concours de baccalauréat reflète certainement les inégalités d'accès à l'enseignement supérieur, et cela permet de tirer des conclusions relatives non seulement à l'enseignement primaire et secondaire, mais également à l'enseignement supérieur.

Il est coutume de supposer que le niveau d'éducation des parents agit sur l'obtention ou non des élèves du diplôme baccalauréat, mais, on a observé ces dernières années avec les évolutions économique et technologique une amélioration de cette proportion. D'ailleurs, quelques travaux montrent que « la moitié des bacheliers provient aujourd'hui de familles dans lesquelles aucun des parents n'était titulaire de ce diplôme » [24], parlant du cas français.

La littérature souligne que l'obtention du diplôme baccalauréat dépend fortement de l'état de la scolarité en collège mais surtout en école primaire (Caille et Lemaire (2009)). Ce dernier état est déterminé, entre autres, par des facteurs sociaux relatifs à la famille, à l'école et à l'environnement. Autrement dit, si ces conditions sont mauvaises et démotivantes, elles vont affecter directement les résultats des élèves en primaire, puis en collège et menaçant par la suite la possibilité d'obtention de leurs diplômes du baccalauréat et supérieurs.

¹ Cette faiblesse est observée notamment dans le cycle primaire, d'ailleurs Caille et Rosenwald (2006) affirment que les élèves en France redoublent deux fois moins qu'il y a vingt ans surtout dans les écoles élémentaires. La même chose s'observe dans d'autres pays comme la Tunisie.

² Même si les appellations se diffèrent d'un pays à un autre (bakkalaureus ou Bachelor's degree en Allemagne, bachillerato en Espagne, diplom bakalavr en Russie, Test Sentā au Japon et Suneung en Corée du sud).

2.2 ... PUIS DES INEGALITES EN TERMES D'ORIENTATION

Certaines études ont souligné que l'orientation des enfants des cadres à des filières scientifiques n'est pas déterminée seulement par le niveau scolaire (Duru-Bellat, Jarousse & Solaux, 1997 ; Jarousse & Labopin, 1999). Autrement dit, il y a autres facteurs nettement importants qui déterminent la nature des orientations des élèves. En effet, Landrier et Nakhili (2010) pensent que l'inégalité au niveau de l'orientation peut trouver ses origines dans deux principaux facteurs ; *i)* un premier facteur lié à l'offre de l'orientation et basé sur l'inégalité des choix des élèves et de leurs familles et sur l'inégalité de sélection et qui est basée sur une certaine subjectivité, *ii)* un deuxième facteur lié à la demande de l'orientation dont essentiellement le contexte d'enseignement (la classe, l'établissement ou encore l'enseignant).

Lefebvre (2012) affirme qu'en France « *les jeunes de milieux moins favorisés font des choix d'orientation moins ambitieux que les autres* » [26]. Autres études soulignent l'ampleur du rôle joué par les pratiques enseignantes sur la décision d'orientation des élèves. En effet, Van Zanten (2001) et ou aussi Duru-Bellat et al. (2004) arrivent à montrer que les enseignants sont capables d'influencer les désirs de leurs élèves. Ces auteurs pensent que ceux qui enseignent des élèves arrivant des milieux relativement défavorisés ne les encouragent pas à s'engager dans des filières longues. En quelque sorte, les enseignants dans ce cas sont pessimistes, ce qui agit, directement ou indirectement, sur les vœux des étudiants. Par contre, Guichard (1999) pense que l'orientation post-baccalauréat est la seule orientation qui ne dépend pas des enseignants, mais plutôt des décisions du jury de sélection.

Guyon et Huillery (2014) montrent que les disparités en termes d'orientation ne touchent pas tous les élèves de la même façon. Ce sont essentiellement les élèves ayant des niveaux moyen et faible, qui risquent de modifier leurs arbitrages à cause de leur origine sociale, alors que les bons et les très bons élèves ne sont pas concernés par ces inégalités.

2.3 ...ET DONC UNE DIVERGENCE SOCIALE

La filière de formation post-baccalauréat détermine fortement les parcours supérieur et professionnel des individus, et explique alors en grande partie la disparité sociale observée par la suite. Dans ce cadre, Lemaire et Leseur (2005) montrent que les disparités en termes des choix d'orientation déterminent en grande partie l'avenir des futurs étudiants, mais le type de baccalauréat disposé reste le facteur le plus agissant (Berthelot (1989) et Nakhili (2007)). Toutefois, le type de baccalauréat se trouve déterminé par l'état familial de l'étudiant et la nature des diplômes obtenus par les parents (Caille et Lemaire (2009)).

A ce stade, on se demande tout en reprenant les termes de Feyfant (2014) « Comment aller vers la réussite éducative des plus défavorisés sans avoir une vision globale de l'éducation, opérant ainsi un changement remarquable? » [17]. Autrement dit, il faut lancer un coup d'œil sur tout le système éducatif et mettre le doigt sur les maux, afin de proposer les réformes adéquates au moment adéquat.

3 LES INEGALITES EN TERMES D'OBTENTION DU BACCALAUREAT AU MAGHREB; UNE ETUDE COMPAREE PAR RAPPORT A L'ASIE

Initialement, les pays maghrébins et les pays asiatiques étaient nettement proches en termes de pauvreté et en termes de sous-développement. C'est vers les années 60 du siècle dernier que les asiatiques ont commencé leur décollage non seulement économique mais également technologique et social (Omri, 2011). Aujourd'hui, ces pays sont dits « dragons » et « tigres », chose qui témoigne l'ampleur de leur réussite et l'efficacité des politiques adoptées. Pour cela, nous avons choisi de comparer la Tunisie, en tant qu'un pays maghrébin, à la Corée du sud en tant qu'un pays asiatique, tout en mettant l'accent sur les inégalités éducatives en termes de réussite dans le concours du baccalauréat (ou son équivalent). Ce sont deux expériences qui semblent nettement différentes, mais qui nous offre des leçons intéressantes non seulement pour le système éducatif mais pour tout le système économique.

3.1 LA TUNISIE ; LES INEGALITES SOCIALES REGIONALES CAUSENT DES INEGALITES EDUCATIVES FLAGRANTES

Tout d'abord, il faut mentionner qu'on observe en Tunisie une nette diminution du pourcentage d'admis en baccalauréat, qui était 72% en 2002, 55,9% en 2012 (OIT, 2013), pour atteindre en 2015 seulement 36,09%. A cela s'ajoute une nette disparité en termes du taux de réussite en ce concours entre les différents gouvernorats tunisiens. Ce sont les régions les plus défavorisées (en termes de revenu par tête, d'infrastructure, de niveau de vie) qui ont les taux de réussite les plus faibles (Fig. 1).

Les disparités sociales régionales se transforment en des disparités éducatives.

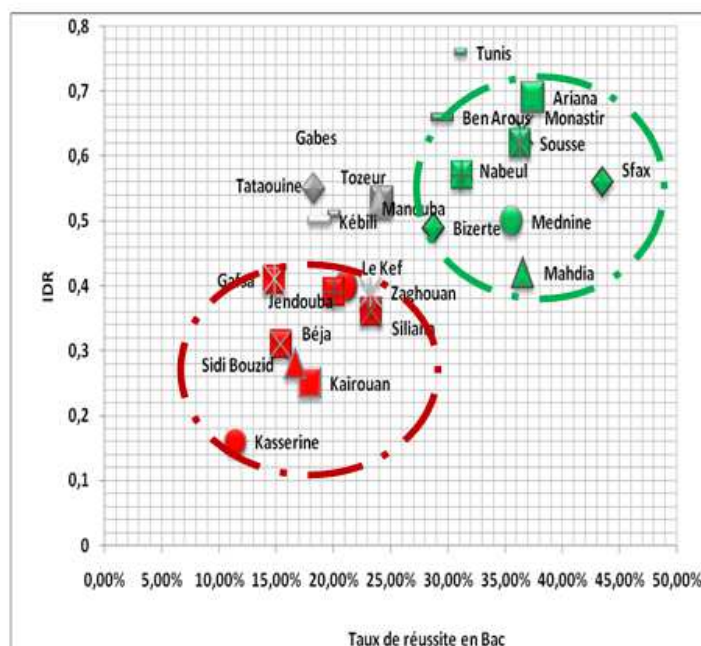


Fig. N°1. Inégalités sociales accompagnées par des inégalités éducatives

Un bon nombre de gouvernorats (Sfax, Ariana, Sousse, Monastir) ont des performances sociales qui se traduisent par des performances éducatives et donc des bons résultats en baccalauréat. Sidi Bouzid, Kasserine, Kairouan et Béja, quant à eux, entrent dans un cercle vicieux de marginalisation, de pauvreté et de médiocrité, ce qui se répercute directement sur leur état d'éducation. Ainsi, Kasserine, le gouvernorat le plus défavorisé socialement, a l'indice du développement régional (IDR)³ le plus faible (0,16 contre 0,76 à Tunis ou aussi 0,69 à Ariana) et il enregistre encore le taux de réussite le plus faible en baccalauréat (11,41% contre 43,5% à Sfax et 37,39% à Ariana).

Calculer les rapports des chances relatives en Tunisie quant à la possibilité de réussite en Bac.

Pour bien apprécier les inégalités régionales éducatives, on calcule « **les rapports de chances relatives** » (*odds ratio*). Cela passe par deux étapes ; calculer tout d'abord les chances relatives (*odds*) d'avoir le bac (ou de ne pas l'avoir) pour chaque région (région favorisée et région défavorisée⁴), puis effectuer le rapport de ces chances. Notre travail porte sur une période de 10 ans, allant de 2005 jusqu'aux 2015 et on cherche de s'assurer si les enfants des régions défavorisées ont la même chance ou non d'avoir le bac, et si cette chance est en train d'augmenter au cours du temps ou pas.

Ainsi, en 2005, 59,7% des élèves des régions favorisées ont la chance d'avoir le bac et donc 40,3% ont le risque de ne pas l'avoir. De ce fait, le rapport entre la probabilité d'avoir le bac et celle de ne pas l'avoir est 1,48 fois. Autrement dit, les élèves des régions favorisées ont 1,48 fois plus de chances d'obtenir le bac plutôt de ne pas l'obtenir.

³ C'est un indice synthétique calculé sur la base de 18 variables couvrant 4 domaines : savoir, richesse - emploi, santé - population et justice-équité.

⁴ On a pris en considération comme région favorisée les six premiers gouvernorats qui figurent en vert, en calculant la moyenne de leurs taux de réussite (Sfax, Ariana, Mahdia, Monastir, Sousse et Médenine), et comme région défavorisée les six derniers gouvernorats qui figurent en rouge (Sidi Bouzid, Kasserine, Gafsa, Kairouan, Tataouine et Jendouba).

Tableau 1. Les « odds ratio » relatifs aux régions tunisiennes

Régions	Taux de réussite en Bac 2005 (%)	La moyenne des taux de réussite en Bac 2005 (%)	Chances relatives en 2005	Odds ratio en 2005	Taux de réussite en Bac 2015 (%)	La moyenne des taux de réussite en Bac 2015 (%)	Chances relatives en 2015	Odds ratio en 2015	
Régions favorisées				1,94 ↓ →	Régions favorisées				
Sfax	68,59	59,7	1,48 fois		43,50	37,63	0,6 fois		
Ariana	57,62				37,39				
Mahdia	58,9				36,54				
Monastir	59,08				36,51				
Sousse	59,86				36,28				
Médenine	54,14				35,56				
Régions défavorisées					Régions défavorisées				
Tataouine	48,71	43,20	0,76 fois		18,29	15,75	0,18 fois		
Kairouan	52,97				17,94				
Sidi Bouzid	44,29				16,68				
Jendouba	32,94				15,40				
Gafsa	37,14				14,83				
Kasserine	43,18				11,41				

Source : Calcul des auteurs

Ce rapport est de l'ordre de 0,76 fois pour les élèves des régions défavorisées. Calculons maintenant le rapport des chances relatives (odds ratio), en divisant les chances relatives d'avoir le bac chez les régions favorisées (1,48) par rapport à ceux chez les régions défavorisées (0,76). Ce ratio est de l'ordre de 1,94, cela signifie qu'avant 10 ans, les élèves des régions défavorisées avaient 1,94 fois plus de chances que les élèves des régions défavorisées d'avoir le baccalauréat plutôt de ne pas l'avoir.



C'est une salle dans une école à Sidi Bouzid



Etat de la cantine dans une école à Sidi Bouzid

Fig. 2 Etat des écoles à Sidi Bouzid

Tableau 2 Calculer les odds ratio (Sfax/Kasserine)

	Chances relatives en 2005	Odds ratio en 2005	Chances relatives en 2015	Odds ratio en 2015
Sfax	2,18	2,9	0,76	6,33
Kasserine	0,75		0,12	

Source : Calcul des auteurs

Le plus important est l'évolution de ratio dans le temps. En effet, ce même ratio passe à 3,33 en 2015, c'est-à-dire que les élèves des régions favorisées ont désormais 3,33 fois plus de chances d'avoir le bac que les élèves des régions défavorisées plutôt de ne pas l'avoir. Cela reflète clairement l'aggravation des inégalités régionales en termes d'éducation. D'ailleurs, la probabilité d'avoir le bac pour la région défavorisée a baissé de 0,76 à 0,12, c.-à-d. une baisse de 76% durant ces 10 dernières années, contre 59,45% seulement pour la région favorisée. Dans l'ensemble, cette dégradation en termes de chances d'avoir le bac dévoile l'ampleur des disparités sociales, régionales et éducatives qui tendent à s'aggraver notamment suite à la révolution sociale connue par la Tunisie.

Si nous prenons les deux cas extrêmes; Sfax et Kasserine, nous pouvons bien s'assurer de l'importance de la différence entre les deux gouvernorats en termes de réussite en bac.

Alors qu'en 2005, l'élève en Sfax a 2,18 fois plus de chance d'obtenir le bac qu'un élève provenant de Kasserine, en 2015, il a plus que 6 fois plus de chance pour l'obtenir. Pendant 10 ans, la chance d'avoir le bac se double pour un élève de Sfax par rapport à celui provenant de Kasserine. Donc, vivre et étudier à Kasserine affaiblit énormément la chance de réussir dans les concours nationaux à l'instar du concours de baccalauréat. Cela s'aggrave par la suite avec l'orientation post-baccalauréat.

Et cela se finit par des disparités en termes d'orientation post-baccalauréat.

Sur un autre volet, on peut apprécier l'ampleur des inégalités en Tunisie en étudiant le processus d'orientation post-baccalauréat. En effet, la chance d'accéder à des filières dites nobles, telles que la médecine et l'ingénierie, n'est pas la même pour tous les gouvernorats. Alors qu'elle est de l'ordre de 3,9% pour la médecine et 10,5% pour l'ingénierie en Ariana, ces pourcentages ne dépassent pas respectivement 0,2% et 1,8% à Tataouine et 0,4% et 4,6% à Siliana (Zaiem, 2011)!!! Même si l'étudiant de ces régions délaissées aura la possibilité d'accéder à la faculté de médecine ou à l'école d'ingénierie, il doit affronter quand même plusieurs contraintes ; se déplacer vers l'un des autres gouvernorats⁵, trouver un foyer et chercher parfois un emploi pour supporter les dépenses supplémentaires liées à ce déplacement. D'ailleurs, comme il est montré dans le tableau ci-dessous, seulement 16,3% des élèves de Sfax risquent de s'orienter vers les autres gouvernorats.

Tableau 3. Ecart en termes d'orientation entre les gouvernorats tunisiens

Gouvernorats d'origine	Taux de bacheliers originaires de la région orientés vers d'autres régions 2010 (%)	Risque de quitter la région originaire par rapport à Sfax ⁶
Sfax	16.3	-----
Sousse_Monastir	29.2	1,8 fois
Grand_Tunis	34.9	2,1 fois
Kasserine	89.1	5,4 fois
Sidi Bouzid	96.5	5,9 fois
Kebili	98.4	6 fois

Source : calcul des auteurs à partir des données issues de Zaiem (2011)

⁵ Seuls les gouvernorats privilégiés disposent suffisamment d'institutions universitaires, alors que les autres gouvernorats, par exemple Kebili, ne disposent que des ISET.

⁶ Nous avons pris Sfax comme gouvernorat de référence car c'est le gouvernorat qui a enregistré le taux de réussite en Bac le plus élevé pour l'année 2015.

Ce pourcentage est de l'ordre de 29,2% pour la Sousse et Monastir. Toutefois, on trouve que la quasi-totalité des élèves de Sidi Bouzid et de Kébili (respectivement 96,5% et 98,4%) s'orientent à l'extérieur. Autrement dit, les élèves de ces deux derniers gouvernorats (Sidi Bouzid et Kébili) ont 6 fois plus de risque que leurs homologues de Sfax de quitter leurs régions originaires afin d'achever leurs études supérieures. Ce phénomène détériore davantage leurs situations financières déjà critiques et montre clairement l'importance de la différence entre les régions en termes d'infrastructure éducative.

3.2 LA COREE DU SUD ; LA « FIEVRE EDUCATIVE » DEMEURE UNE RAISON PRINCIPALE DES INEGALITES SOCIALES

La croissance et le succès économiques réalisés par la Corée du sud sont jugés vraiment phénoménaux et poussent à la fois les économistes, les sociologues et les historiens à chercher les origines et les raisons de ce phénomène. Un grand nombre de travaux attribue le décollage économique de ce pays à un investissement massif en éducation et en formation du capital humain, comblant de ce fait le manque flagrant en ressources naturelles. La majorité des classements internationaux souligne la place avancée occupée non seulement par la Corée du sud mais par plusieurs autres pays asiatiques.

Mais il nous s'avère extrêmement important de rappeler l'expérience sud-coréenne en matière de justice sociale, afin de faire la liaison entre école et inégalité dans le pays du matin calme.

La brève histoire de la politique sociale en Corée du sud.

La première période de prospérité sud-coréenne (1961-1975) a commencé par l'instauration d'un Etat militaro-industriel autonome, guidé par des jeunes militaires « *chassant les vieilles élites aristocrato-foncières* »[40]. Ainsi, la construction d'un nouvel Etat a passé par deux types de mutations ; des mutations au niveau des structures économiques surtout dans la production *via* une industrialisation à la japonaise, et des mutations au niveau des structures sociopolitiques *via* des réformes qui sont radicales voire même violentes dans certains cas. La priorité de cette politique a été donnée à l'amélioration des conditions de vie et à la satisfaction des besoins de la population. Pour ce faire, le gouvernement provisoire, qui a été à cette époque sous l'autorité américaine a promulgué une loi qui consiste à redistribuer les terres qui ont été possédées par les ex-colons japonais avec un taux de rente maximal de métayage fixe égal à 33% (Steinberg, 1985).

Les réformes agraires ont été poursuivies par des politiques d'industrialisation exportatrices, dont les principaux partenaires commerciaux étaient les Etats-Unis et le Japon, chose qui a facilité l'insertion coréenne dans le commerce mondial. Ce succès avait des répercussions fortement positives sur le reste de l'économie. D'ailleurs le taux de chômage a passé de 30% (vers les années 1961) à 2.5% en 1996⁷, et mêmes les entreprises coréennes commencent à importer la main d'œuvre étrangère.

Ces politiques avaient certainement des répercussions sur le plan éducatif. En effet, c'est essentiellement l'école primaire qui a tiré avantage des réformes adoptées dès l'indépendance ; elle devient obligatoire et garantie, et a bénéficié de 14,9% du budget national en 1980 (Régnier, 1999). Par contre l'école secondaire et universitaire sont en grande partie privée et se reposent en termes de financement sur les ménages, et les diverses associations.

Le « Suneung » et le *culte de la performance*

L'enquête de l'OCDE (2011) montre clairement que la Corée du sud est à la tête de la liste des pays en termes de diplôme de baccalauréat, avec un taux de 97,5%. Pour obtenir ce diplôme, les élèves doivent passer un «test d'aptitude d'études» connu en Corée par «suhak neungnyeok siheom» (suneung). Cet examen est d'une importance capitale chez les sud-coréens que la quasi-totalité des familles consacrent une grande partie de leurs budgets aux cours particuliers.

Ce sont les élèves sud-coréens qui sont considérés comme les plus travailleurs parmi les élèves de tout le monde. Ils étudient dès 7h.30 jusqu'au 15h comme cours étatiques pour terminer vers 23h comme cours de soir privé. Ce sont les «*Hagwons*» qui agissent d'une façon déterminante sur les résultats des élèves. La Corée du sud est un pays marqué par la prépondérance des écoles privées à l'échelle mondiale; 48 % contre 21 % pour la France, 15 % pour le Japon, 10 % pour les Etats-Unis et 2 % seulement en Suède. Cet accès massif aux «*Hagwons*» et la privatisation éducative accrue ont engendré une sorte de « *marchandisation* » de l'éducation, augmentant ainsi ses coûts. En effet, pour réussir le Suneung, les familles payent divers coûts ; coûts directs (liés aux cours particuliers, cours offerts par des institutions spécialisées), coûts indirects

⁷ Le taux de chômage en Corée du sud n'a pas dépassé les 3.8% entre 2000-2008.

(location d'une chambre ou d'un appartement pour toute la famille dans les districts de Séoul, transport, cadeaux aux enseignants)⁸ et des coûts moraux générés par la forte pression imposée non seulement sur l'écopier lui-même, mais également sur toute la famille. Donc ce sont des efforts très considérables fournis pour avoir ce diplôme et accéder alors aux « cieus⁹ » de Corée.

La rivalité éducative est nécessaire, mais elle est aveugle en Corée du sud

La non réussite au concours d'entrée à l'université est considérée par les sud-coréens comme une source de honte sociale. Les élèves du pays du matin calme sont les plus travailleurs, mais également les plus malheureux du monde selon les derniers rapports de « Happiness therapy », car rater l'examen de « suneung » signifie automatiquement une mauvaise université et donc un mauvais classement social. C'est en quelque sorte « l'emprise du diplôme » qui traduit l'importance du rôle joué par le diplôme de « suneung » sur le destin social des individus¹⁰.

De ce fait, on peut bien faire la liaison entre le « suneung » et l'inégalité sociale en deux principaux points. Tout d'abord, l'excessivité des coûts versés pour les « Hagwons » ne permet pas à toutes les familles d'inscrire leurs enfants dans ces établissements. Ensuite, même en étudiant dans des institutions étatiques, un grand nombre de familles n'ont pas la possibilité de payer les coûts des cours de soutien. Et même s'ils ont cette possibilité, l'accès à un enseignant privé « compétent » sera certainement un peu difficile.

De cette façon, on rejoint les idées de Dubet, Duru-Bellat, Vérétoit (2011) qui préconisent que « *plus on croit que l'école est en mesure de construire des inégalités justes en délivrant des diplômes inégaux, plus ces derniers doivent avoir d'emprise sur le destin professionnel des individus et de ce fait, plus les inégalités scolaires sont fortes et se reproduisent* » [13]. Cela peut ouvrir alors la porte à une sorte d' « inflation scolaire », et on rejoint ainsi le paradoxe d'Anderson¹¹.

3.3 SYNTHÈSE

Il est clair que les inégalités scolaires apparaissent comme un phénomène généralisé qui touche toutes les sociétés. Toutefois, l'origine de ces inégalités diffère d'un pays à un autre. Ainsi, pour le cas de la Corée du sud, il nous vient à l'esprit l'explication de Pierre Bourdieu (1990) qui suppose que l'Ecole ne soit plus neutre, et elle joue un rôle déterminant dans la reproduction des inégalités sociales en les transformant en inégalités scolaires¹².

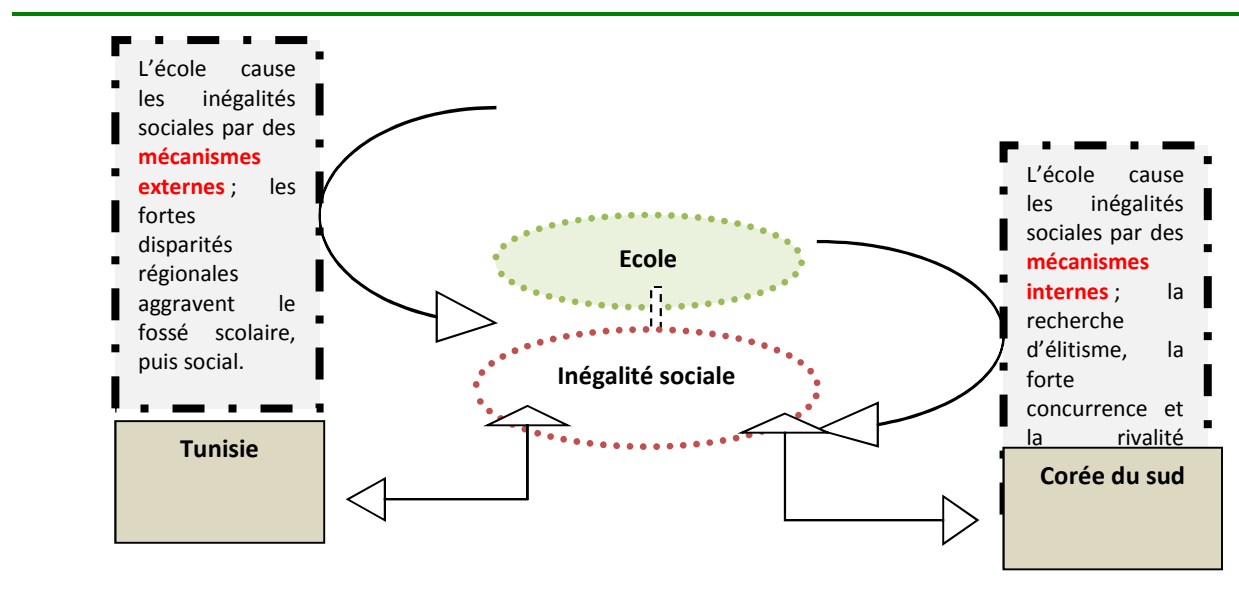
⁸ Carrausse (2012).

⁹ Les élèves qui parviennent à obtenir les meilleurs résultats peuvent accéder au "SKY" (ciel en français), abréviation du nom des 3 universités coréennes les plus classées: Seoul national university, Korea university et Yonsei university.

¹⁰ D'ailleurs, la Corée du sud enregistre des taux terribles de suicide notamment dans la catégorie des jeunes, dont la principale raison est l'échec scolaire.

¹¹ Le paradoxe d'Anderson désigne en quelque sorte, la forte exposition des fils à une forme de déclassement intergénérationnel, puisque même s'ils obtiennent des diplômes supérieurs à ceux de leurs parents, ils ne garantissent pas un statut social plus meilleur. Autrement dit le lien entre le diplôme et le statut social se relâche de plus en plus, vue l'inflation des diplômes.

¹² Les familles dominantes transmettent à leurs enfants un capital culturel que l'école va le valoriser mais les enfants des plus populaires ont un capital faible qui est facilement marginalisé par l'école.



Source : Conception propre aux auteurs

Fig. 3. Inégalités scolaires en Corée du sud et en Tunisie

Cela est extrêmement vrai pour la Corée du sud surtout avec la recherche de la part des élèves et de leurs parents d'atteindre l'élitisme afin d'accéder aux universités les plus prestigieuses de Séoul. En quelques sortes, ce sont des mécanismes internes à l'école qui reproduisent ces inégalités. L'école dans ce cas impose un rythme « agressif » sur les élèves en les obligeant à s'exceller, et la seule façon est de dépenser plus d'argent sur les cours de soir et les « *Hagwons* ». Cela bien sur ne profite qu'aux plus aisés et laissent à la marge les autres, d'où les inégalités scolaires, devenues par la suite des inégalités sociales. **L'école dans ce cas est la cause des inégalités sociales**¹³.

Pour la Tunisie, les inégalités scolaires observées sont dues essentiellement à des graves disparités régionales. Les régions les plus favorisées ont évidemment les résultats les plus meilleurs, contrairement aux autres régions les plus défavorisées (déjà montré plus haut). De ce fait, on peut mettre l'accent dans ce cas sur l'importance de « *l'effet établissement* » ou encore « *l'effet maître* » pour expliquer l'intensification de ces inégalités. En effet, les élèves dans les régions favorisées jouissent des conditions d'éducation favorables ; enseignant compétent, lycée bien équipé et informatisé, faible niveau de violence. Tous ces facteurs influencent positivement leurs résultats et contribuent à la hausse de leur taux de réussite et à l'accès à des filières nobles. Par contre, les élèves des autres régions sont privés de toutes ces conditions. Ainsi, une étude faite par le BAD (2014) parvient à montrer que « *l'indice du savoir développé par les autorités montre que le niveau du savoir est 30 fois plus élevé à Tunis qu'à Kasserine limitant la participation de cette région à la transformation économique du pays* » [2]. Contrairement au cas sud-coréen, l'école en Tunisie n'est qu'un simple canal qui poursuit la transmission des inégalités sociales en inégalités scolaires. **L'école dans ce cas n'est pas la cause mais c'est la conséquence des inégalités sociales.**

4 LE « CORPS ENSEIGNANT » ET LES INEGALITES SCOLAIRES

Tous les rapports se mettent d'accord sur la médiocrité de l'enseignement en Tunisie, mais nous sommes convaincus que « *la qualité d'un système ne peut excéder celle de son corps enseignant* » [29]. C'est pourquoi nous consacrons cette section à comparer « l'effet enseignant » en Tunisie par rapport à celui en Corée du sud. En effet, Eric Charbonnier, spécialiste de l'éducation à l'OCDE affirme que « *tous les pays qui sont en tête, qui ont progressé, ont mis la formation des enseignants au cœur de leur système* » [12], parlant ainsi du cas asiatique. Même pour les pays qui ont reculé en termes de classement de

¹³ PISA (2012) classe la Corée du sud parmi les pays qui se distinguent par une faible corrélation entre la performance des élèves et leur milieu socio-économique, à l'instar de l'Australie, Canada et Finlande.

PISA¹⁴, la seule explication avancée s'attache à la politique qui néglige les enseignants et qui sont désormais chargés par des activités administratives lourdes chose qui se répercutent négativement sur les résultats scolaires.

Bressoux et Bianco (2004) affirment que « l'effet enseignant » existe, mais il reste non durable, vu que les résultats des élèves dépendent des enseignants de l'année courante et non des années précédentes. Ce résultat est démenti par plusieurs autres travaux (Konstantopoulos (2007), Kane et Staiger (2008)) qui ont prouvé que cet effet peut être cumulable dans le temps. Crahay (2000) et Hanushek & Kain (2002) soulignent l'importance des enseignants efficaces dans la réussite des enfants notamment ceux ayant des difficultés ou arrivant des milieux défavorisés. Dans cette ligne d'idées, s'inscrit le travail de Bressoux (2007) qui pense que l'enseignant efficace est celui qui a la capacité d'inciter les élèves les plus faibles à réfléchir plus et à dépasser les difficultés rencontrées.

Quelques études insistent sur le fait que les caractéristiques d'un bon enseignant peuvent se résumer en deux facteurs essentiels ; le niveau de la **formation initiale** et l'**ancienneté** des enseignants. Autres travaux attribuent l'efficacité des enseignants à un seul facteur à savoir la bonne **rémunération**. Ces trois facteurs vont être traités avec plus de détails en faisant référence aux données et caractéristiques de la Tunisie et de la Corée du sud.

4.1 LA TUNISIE FACE A L'OBLIGATION DE « REFONDER » SES ENSEIGNANTS

Comme nous avons montré ci-dessus, les disparités régionales sont flagrantes, et nous ne pouvons pas réellement affirmer si ces disparités agissent sur les enseignants et leur efficacité éducative, où c'est l'inverse; ce sont les enseignants qui contribuent à l'intensification de ces inégalités régionales. Mais ce qui est certain, et comme il est confirmé par le rapport de PISA (2012), les régions défavorisées ne réussissent jamais à attirer des enseignants qualifiés.

Enseignants mal formés

Le lendemain de l'indépendance, elle s'est instaurée l'Ecole Normale Supérieure (ENS). Seulement ceux qui réussissent excellemment leur baccalauréat ont le droit d'accéder à cette école; cette école leur permet non seulement d'obtenir leurs maîtrises, mais également de bénéficier d'une formation en psychopédagogie et un stage professionnel dans leur domaine, pour qu'ils puissent enseigner en secondaire. Aujourd'hui, on trouve que cette école a été disparue. Pourquoi ? Personne ne peut répondre.

Les futurs enseignants sont désormais obligés de passer un concours national (Certificat d'aptitude à la profession d'enseignant du secondaire), mais qui est vide en contenu et ne répond pas aux exigences de la profession. En effet, et même avant la révolution sociale connue par le pays, ce concours est ouvert à tous les maitrisards et les licenciés, indépendamment de leurs spécialités et leurs formations initiales ! Ils sont appelés à passer deux examens, écrit et oral. Et c'est là qu'on peut parler des « fraudes académiques ». Ce n'est pas nécessairement les plus compétents et les mieux formés qui vont être recrutés. Généralement les plus pistonnés ont plus de chances de réussir ce concours et garantir une place parmi les enseignants. D'ailleurs, la Campagne Mondiale pour l'Éducation (2012) affirme que l'insuffisance d'enseignants qualifiés trouve ses origines essentiellement dans la défaillance de la politique de financement et de recrutement.

Enseignants mal rémunérés... et donc vers une mobilité sociale négative

Une étude récente faite sur la Tunisie par le Centre des études économiques et sociales en collaboration avec l'Université de Tunis a trouvé que le taux de pauvreté s'est intensifié, et les nouveaux pauvres atteignent 30% du total des pauvres. Qui sont essentiellement ces nouveaux pauvres ? Ce sont les petits fonctionnaires administratifs, et **les enseignants** dans les écoles primaires et les collèges, dont leur pouvoir d'achat s'est détérioré ces quatre dernières années de 40%. Donc les enseignants figurent désormais dans la liste des pauvres. Les enseignants connaissent alors une mobilité sociale mais... négative.

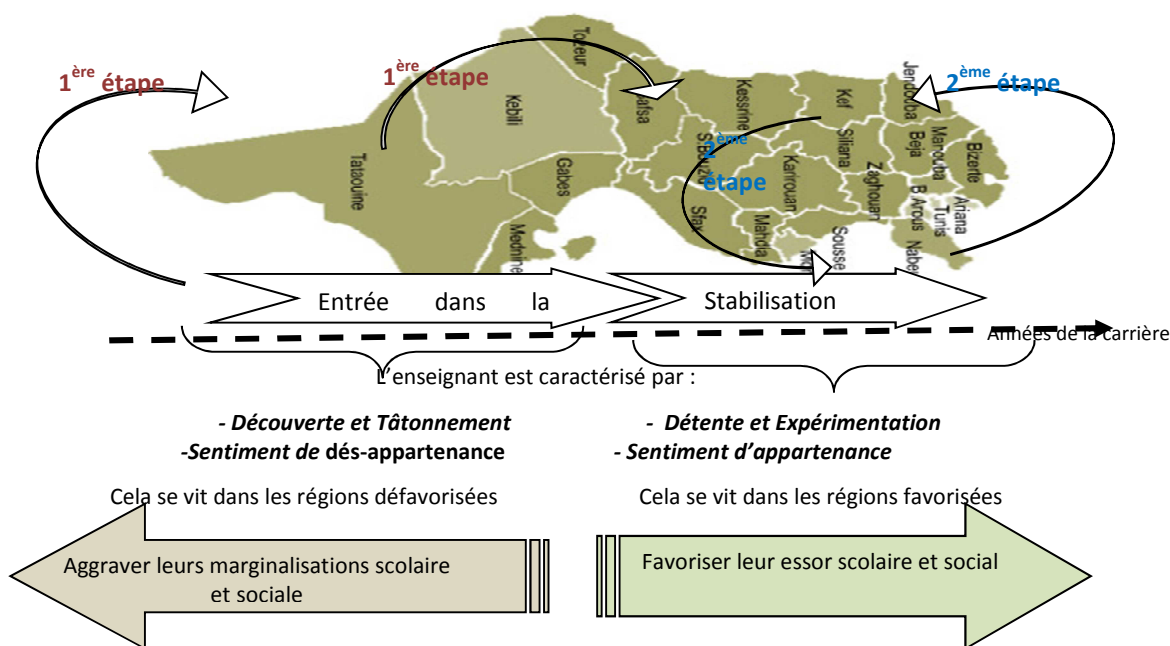
Pour Alaya (2015), la Tunisie dispose les ressources nécessaires pour bien rémunérer les enseignants, mais il s'agit d'un problème d'allocation des ressources ; « *elle (Tunisie) est tout simplement incapable de se remettre en cause et de voir que le problème réside dans une mauvaise organisation de son système éducatif et d'une mauvaise allocation des ressources qu'elle consacre à l'éducation de ses jeunes* » [1].

Enseignants non expérimentés...mais uniquement dans les régions défavorisées.

¹⁴ A l'instar du Suède qui a perdu 13 places en maths dans les classements internationaux ces 10 dernières années.

Dès leurs premières années, les enseignants récemment recrutés se trouvent devant l'obligation d'enseigner dans les régions les plus défavorisées (régions internes et du sud), puisqu'elles marquent toujours une forte insuffisance en termes d'enseignants. Milliers des élèves en classe terminale (bac) ont été enseignés par des nouveaux enseignants dépourvus d'expérience, de pédagogie et même de connaissances. En plus, ces enseignants restent très démotivés et se sentent victimes et exclus à cause des conditions scolaires et sociales misérables. Ce n'est qu'après quatre ou cinq ans au minimum que ces enseignants auront la possibilité de « *s'enfuir* » de ces zones et de rejoindre les zones du nord et côtières. Ces zones demeurent les zones privilégiées pour les enseignants ; non seulement les conditions de vie sont meilleures et excellentes mais également il y a la possibilité de donner des cours particuliers à des prix nettement onéreux.

La réaffectation des enseignants, désormais expérimentés, efficaces et pédagogues, va être bénéfique certainement aux régions favorisées, et cela ne fait qu'aggraver les disparités régionales, initialement dramatiques.



Source : Conception propre aux auteurs

Fig. 4. Les premières phases de carrière enseignante¹⁵ ; facteur de disparité régionale en Tunisie

4.2 LA COREE DU SUD : EDUCATION D'EXCELLENCE

L'OCDE, dans ses divers rapports (2001, 2003), affirme que dans quelques pays, les milieux socialement défavorisés peuvent générer des fortes performances éducatives. Le meilleur exemple à avancer dans ce sillage est le cas de la Corée du sud, dont les élèves les plus défavorisés enregistrent des résultats plus meilleurs que les autres. On peut attribuer ce constat à un seul fait; l'efficacité des enseignants.

Enseignants hautement qualifiés.

¹⁵ Nous avons retenu seulement les deux premières phases de la carrière enseignante, puisque les autres phases n'agissent pas sur les inégalités régionales.

Pour être recrutés, les individus doivent passer un test dit «the teacher employment test» (TET). Même après le recrutement, il y a une évaluation qui concerne tous les enseignants, et ceux qui obtiennent des résultats non satisfaisants se trouvent obligés de suivre une formation complémentaire. Pour évoluer en grade et passer d'un enseignant de deuxième classe à la première classe. L'enseignant est appelé à suivre des séances de formation continue et des formations pédagogiques qui sont organisées même pendant les vacances.

Un phénomène peu connu dans les autres régions du monde s'est développé en Corée du sud dès 2004 à savoir les cours de radiodiffusion «educational broadcasting system» (EBS) et les «Cyber Home Learning System» (CHLS). Cela était bénéfique surtout pour les catégories les moins favorisées qui peuvent désormais abandonner les cours particuliers. Le rapport de McKinsey (2010) mentionne une autre pratique faite par les enseignants les plus chevronnés, ces derniers accompagnent les jeunes enseignants et les aident essentiellement sur le plan pédagogique.

C'est à partir de 1988 que la Corée a intégré des PC/XT dans tous les établissements scolaires dans le cadre du programme consacré à la formation des enseignants aux TICE¹⁶ et qui s'étale jusqu'aux nos jours. Ce programme était suivi par un « Plan de promotion des TICE pour les enseignants » en 1997 et par un « Centre agréé assurance qualité de formation en ligne » en 2006. Ce genre de formation a réussi non seulement à améliorer la capacité des enseignants à maîtriser l'outil informatique, mais également à « améliorer les compétences pédagogiques en matière d'utilisation des TIC et à transformer le rôle des enseignants dans cette nouvelle ère de l'éducation » [23].

Enseignants bien rémunérés ; « lorsque le compte en banque du prof est bien rempli, la tête de l'élève le sera aussi » [1]

Selon l'OCDE (2014), la Corée du sud figure parmi les pays ayant le salaire relatif des enseignants le plus important, en gagnant au moins 20 % de plus que d'autres actifs occupés présentant le même niveau de formation. Toutefois, certains pensent que cette hausse vient pour combler le temps d'apprentissage relativement élevé ou aussi pour supporter la taille de la classe considérée importante et donc garder des coûts unitaires faibles (Mingat (1995) et Siniscalco (2002)). D'ailleurs, comme il est montré dans le dernier tableau (Tab. 4), le salaire de l'enseignant en Corée est plus que 2,77 fois plus que celui en Tunisie. Mais, cet enseignant enseigne 10 semaines de plus et supporte une classe chargée deux fois et demi plus que l'enseignant tunisien.

Tableau 4. Caractéristiques différentes des enseignants

	Tunisie	Corée du sud
Rémunération après 15 ans de services (en PPA en dollars US) / 2009)	19 014	52 699
Nombre de personnel enseignant (2009) pour 1000 habitants		
1er cycle secondaire	39	102
2ème cycle secondaire	48	120
Heures d'enseignement par année en 2e cycle du secondaire	493	605
Nombre de semaines	30	40

Source : Données collectées auprès de l'UNESCO 2011

Donc verser des salaires élevés permet non seulement d'améliorer la productivité et le dynamisme des enseignants, mais également d'attirer les étudiants les plus brillants à exercer cette profession.

5 CONCLUSION: GOUVERNER L'ÉDUCATION EN TUNISIE DEMEURE LA MÈRE DES RÉFORMES

Il nous paraît clair alors que la prépondérance des inégalités scolaires en Tunisie est une amère réalité, et elles se nourrissent de plus en plus des inégalités régionales incontestables. Les régions côtières et du nord réalisent des taux de réussite en baccalauréat extraordinaires et bénéficient par la suite de la majorité des places en faculté de médecine et aux écoles d'ingénieurs les plus nanties. *A contrario*, les régions internes et du sud n'arrivent à enregistrer que des taux de

¹⁶ TICE : Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement.

réussite nettement faibles et ne peuvent accéder qu'à des filières courtes et des filières de sciences sociales, et donc garantissant des diplômes non demandés sur le marché d'emploi par la suite.

Selon notre étude, il s'est avéré nettement clair les causes principales de l'échec scolaire tunisien et les raisons fondamentales de l'excellence de la Corée en éducation; le fossé régionale grandissant dans le temps et la marginalisation du corps enseignant, alors qu'en Corée, on a pu « *transformer l'enseignement en une profession à la pointe de l'information* » [32].

Certainement pour la Tunisie, il y a des mesures urgentes à entreprendre, et cela ne peut s'exercer qu'à travers **la gouvernance de l'éducation**. En fait, gouverner l'éducation passe par la réhabilitation et la réaffirmation du rôle de l'Etat en éducation. Le retour de l'Etat doit être sur le plan qualitatif plutôt que quantitatif. Cela passe évidemment par la rationalisation des dépenses publiques destinées à l'éducation, de consacrer plus de dépenses pour reconstituer les établissements scolaires dans les zones moins favorisées (infrastructures, et des équipements), introduire plus des critères de performances tant pour l'évaluation des élèves que l'évaluation des enseignants, réformer les programmes enseignés afin de s'adapter plus aux besoins des entreprises, et d'insister plus sur la formation pratique et réduire la dominance de la formation théorique.

REFERENCES

- [1] H. Alaya, « Qui paie bien ses profs s'enrichit... », Ecoweek, Lettre hebdomadaire, N° 08, mars 2015.
- [2] BAD, Tunisie Document de stratégie pays intérimaire 2014 – 2015, 2014.
- [3] J.-M. Berthelot, « Le procès d'orientation de la terminale aux études supérieures », *L'orientation scolaire et professionnelle*, vol. 18, 1989.
- [4] R. Boudon, Les causes de l'inégalité des chances scolaires, Revue Skhole. fr, 1990.
- [5] P. Bressoux, « Qu'est-ce qui caractérise l'enseignant efficace? ». In Dupriez Vincent & Chapelle Gaëtane (dir.). Enseigner. Paris : Presses universitaires de France, 2007.
- [6] P. Bressoux, & M. Bianco, « Long-term teacher effects on pupils' learning gains ». *Oxford Review of Education*, 2004.
- [7] J. P. Caille & S. Lemaire, « Les bacheliers « de première génération » : des trajectoires scolaires et des parcours dans l'enseignement supérieur « bridés » par de moindres ambitions ? », France, portrait social - édition 2009, Paris : Institut national de la statistique et des études économiques, 2009.
- [8] J.P. Caille & F. Rosenwald, « Les inégalités de réussite à l'école élémentaire : construction et évolution », France, portrait social. Paris : Institut national de la statistique et des études économiques, 2006.
- [9] Campagne Mondiale pour l'Éducation, Combler le manque d'enseignants qualifiés, Education Internationale, 2012.
- [10] S. Carrausse, « Les répercussions de la crise financière de 1997 en Corée du Sud », 2012.
- [11] M. Crahay, « L'école peut-elle être juste et efficace ? », *Revue française de pédagogie*, 2000.
- [12] E. Charbonnier, dans « Niveau scolaire. La France se maintient dans la moyenne », [Online] Available: <http://www.ouest-france.fr/education>
- [13] Dubet, M. Duru-Bellat, & Vérétoit, Les sociétés et leur école. Emprise du diplôme et cohésion sociale, *Revue française de pédagogie*, 2011.
- [14] M. Duru-Bellat, Genèse des inégalités scolaires et portée des politiques éducatives, Communication préparée pour le séminaire organisé par CERC, DPD et INSEE « Les effets redistributifs de l'éducation : les enseignements d'une approche monétaire statique », 15 novembre 2002
- [15] M. Duru-Bellat, J.-P. Jarousse, & G. Solaux, « S'orienter et élaborer un projet au sein d'un système hiérarchisé, une injonction paradoxale ? L'exemple du choix de la série et de l'enseignement de spécialité en classe terminale », *L'orientation scolaire et professionnelle*, vol. 26, n° 4, 1997.
- [16] M. Duru-Bellat, S. Le Bastard-Landrier, C. Piquée, et B. Suchaut, « Tonalité sociale du contexte et expérience scolaire des élèves au lycée et à l'école primaire », *Revue française de sociologie*, 45-3, 2004.
- [17] A. Feyfant, « Réussite éducative, réussite scolaire ? », Note de Veille de l'IFÉ *Revue de littérature de recherche*, 2014.
- [18] J. Guichard, « Comment démocratiser la transition lycée-enseignement supérieur », *L'orientation scolaire et professionnelle*, 28, n° 4, 1999.
- [19] N. Guyon & E. Huillery, "Choix d'orientation et origine sociale : mesurer et comprendre l'autocensure scolaire," Sciences Po publications, 2014.
- [20] E. A. Hanushek, J. F. Kain, & S. G. Rivkin, " Inferring Program Effects for Specialized Populations: Does Special Education Raise Achievement for Students with Disabilities?" *Review of Economics and Statistics*, 2002.
- [21] J. Jarousse & M.-A. Labopin, « Le calendrier des inégalités d'accès à la filière scientifique », *L'orientation scolaire et professionnelle*, vol. 28, n° 3, 1999.

- [22] T. J Kane. & D. O. Staiger, Estimating teacher impacts on student achievement: an experimental evaluation, working, Paper 14607, 2008.
- [23] K. Kim, J. Jimin et C. Song, « L'impact des TICE sur la formation des enseignants en Corée », Revue Internationale de Sèvres, 2010.
- [24] S. Konstantopoulos, "Introduction to meta-analysis. In J. Osbourne (Ed.), Best practices in quantitative methods" Thousand Oaks, CA: Sage, 2007.
- [25] S. Landrier et N. Nakhili, « Comment l'orientation contribue aux inégalités de parcours scolaires en France », Revue Formation et Emploi, 2010.
- [26] Lefebvre, « Les inégalités dans l'accès aux hauts diplômes se jouent surtout avant le bac », France, portrait social - édition 2012.
- [27] S. Lemaire & B. Leseur, « Bacheliers S : motivations et choix d'orientation après le baccalauréat », Note d'information du MEN, n°05.15, 2005.
- [28] I. Maetz, « Les disparités académiques et sectorielles de réussite au baccalauréat général », La revue Education et Formations, N°69, 2004.
- [29] McKinsey, « Les clés de l'amélioration des systèmes scolaires, Comment passer de "bon" à "très bon" ? », [Online] Available: http://www.mckinsey.com/client-service/Social_Sector/home.aspx, 2010.
- [30] A. Mingat "Towards improving our understanding of the strategy of high-performing Asian economies in the education sector," paper presented at the Asian Development Bank Conference on the Financing of Human Resources in Asia, November 17-18, 1996, Manila, Philippines, 1995.
- [31] N. Nakhili, L'environnement scolaire, quels effets sur les aspirations « individuelles » : Le cas de l'entrée dans l'enseignement supérieur, Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Dijon, université de Bourgogne, 2007.
- [32] OCDE, Le rapport annuel de l'organisation de coopération et de développement économiques, OECD Annual Report: 2005.
- [33] OCDE, Le rôle crucial des enseignants : Attirer, former et retenir des enseignants de qualité, Éditions OCDE, Paris, 2005.
- [34] OCDE, Regards sur l'Education, Éditions OCDE, Paris, 2011.
- [35] OCDE, Gros plan sur les inégalités dans les économies émergentes ; Toujours plus d'inégalité Pourquoi les écarts de revenus se creusent, Éditions OCDE, Paris, 2012.
- [36] OCDE, Regards sur l'éducation 2014, Éditions OCDE, 2014.
- [37] I. OMRI, Les disparités économiques au sein du Tiers-Monde : quelques constats à propos du Maghreb et des pays de l'Asie du Sud-Est .L'Année du Maghreb, VII, 2011.
- [38] OIT, Tendances mondiales de l'emploi des jeunes. Genève, 2013.
- [39] R. Olivier & A. Feyfant, « Évaluer pour (mieux) faire apprendre", Institut Français de l'éducation, 2014.
- [40] P. Regnier, « Développement et crise en Corée du Sud (1961-1998) », Etudes courtes no 1, Institut universitaire d'études du développement, 1999.
- [41] M.T. Siniscalco, A statistical profile of the teaching profession. Paris: ILO/UNESCO, 2002.
- [42] D.I. Steinberg, "Foreign Aid and the Development of the Republic of Korea: the Effectiveness of Concessional Assistance", Aid Special Study n° 42, USAID, 1985.
- [43] A. Van Zanten, L'école de la périphérie, Paris, PUF, 2001. UNESCO, Recueil de données mondiales sur l'éducation, Statistiques comparées sur l'éducation dans le monde, [44] Organisation internationale de l'éducation, la science et la culture, 2011.
- [44] M. H. Zaiem, Les inégalités régionales et sociales dans l'enseignement supérieur, Institut Arabe des Chefs d'Entreprises, 2011.

Phenotypic and genotypic profile of hospital bacteria isolated from four Moroccan hospitals between 2011 and July 2013

Z. Mennane¹, A. Qasmaoui¹, F. Ohmani¹, H.L. Sahraoui², B. Zouatni¹, S. Britel¹, R. Bahbah³, M. Bourchid³, N. Baghdadi³, and R. Charof¹

¹Département Bactériologie Médicale, Institut National d'Hygiène Rabat, Maroc

²Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des sciences Kenitra, Maroc

³Laboratoires Médicales régionaux successivement de Beni Mellal, Oujda et Settat, Maroc

Copyright © 2016 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: During 2011-2013, 189 bacteria from four Moroccan regional hospitals were referred to The National Institute of Hygiene (NIH) to achieve phenotyping and genotyping.

Galleries Api20E, Api20NE and Api20Staph (bioMérieux), were used for Biochemical identification and disks distribution method was used for antibiotic susceptibility testing.

Genotyping was carried out by molecular biology by searching genes of resistance (CTX, SHV and TEM) for enterobacteria, and gene mec A for the *staphylococque*. among Enterobacteriaceae *Escherichia coli* was prevalent, followed by *pseudomonas aeruginosa*, *staphylococque*, *klebsiella pneumoniae* and *acinetobacter baumannii*. The second common phenotype is expanded spectrum lactamase "ESBL".

CTX gene was the most predominant for enterobacteria ESBL with an expression about 43.6%.

The gene responsible for resistance to Methicillin in our case was mec A which detected in the six strains tested Methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA).

KEYWORDS: enterobacteria, phenotyping, genotyping, genes, resistance.

1 INTRODUCTION

Hospital infections represent a worldwide worrisome problem. In addition, antimicrobial resistance increased morbidity, mortality, and cost of health care.

Thus, the establishment of monitoring bacterial resistance system has become one of the most important supports recommended in the guidelines for the prevention against antimicrobial resistance in hospitals.

On the other hand, information about resistance trends, including emerging antibiotic resistance, is essential for clinical practice. Such information could be provided by the routinely susceptibility testing of bacterial isolates and the antibiotic resistance surveillance.

The infections are more challenging when caused by antimicrobial-resistant bacteria [1],[2],[3],[4]. Among these resistant bacteria, extended-spectrum cephalosporin-resistant Enterobacteriaceae, carbapenem-resistant, *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii*, and ciprofloxacin-resistant Enterobacteriaceae and non-fermentative Gram-negative bacilli (NFGNB) are of great concern. In fact, antimicrobial therapy for infections due to these resistant pathogens remains a clinical dilemma within hospitalized patients [5],[6],[7],[8],[9],[10],[11].

Among the most relevant emerging resistances in hospitals from the United States and Europe are methicillin-resistance, and more recently, glycopeptides resistance staphylococci, gentamicin and glycopeptides resistance enterococci, as well as

the resistance to fluoroquinolones, extended-spectrum cephalosporins, and carbapenem displayed by gram-negative bacilli [12].

The antibiotic susceptibility profiles of bacterial isolates are unknown in much of the developing world. The objective of this study is the determination of the phenotypic and genotypic profile of nosocomial bacteria isolated from four Moroccan hospitals.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SAMPLING

Prevalence study was conducted During 2011-2013 by four Moroccan centers. Antimicrobial susceptibility data of clinically relevant isolates from patients (48hr hospitalization) were collected in a computerized system. Sex, age, hospital ward, and the type of specimen were recorded for every patient. Underlying clinical condition, the source and type of the infection, as well as previous antimicrobial therapy were also recorded when available.

The Nosocomial infections unit has for mission to ensure the microbiological investigation of nosocomial infections and to determine the profile of resistance, Identification and genotyping for all strains were carried out from four provinces at level 4 hospital sites.

During 2011-july 2013 our laboratory received 189 strains for confirmation and identification sensitivity.

The Bacteria were identified according to standard procedures. Susceptibility testing was carried out by disk diffusion method according to the National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS) guidelines [13].

2.2 DNA EXTRACTION

DNA was extracted by heat shock at 100°C dry bath for 10 minutes and then cooled immediately in ice. After 10 minutes of centrifugation at 12,000 rounds / minute, the supernatant was stored at -20 ° C until use Thabaut et al [14]

2.3 POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR)

Amplification of genes encoding CTX - M group 1, TEM, SHV enzyme was made using "primers" specific (table I).

The amplification was made into a thermocycler, the mix for PCR reactions (CTX - M group 1, TEM, SHV) being composed of a unit of Taq polymerase, 0.4 mM of each primer, 100 mM of each deoxynucleoside triphosphate, 0.5 mM MgCl₂, 10 mM Tris - HCl pH 8.3 and 50 mM KCl. One microliter of the DNA test was added to a final volume of 50 µl.

The reaction was made in a thermal cycler (PROGEN), on terms of amplifications.

2.4 REVELATION OF THE PCR PRODUCT BY AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS

An agarose gel with concentration of 1% was used for electrophoresis, TBE 1 X buffer was used for gel preparation (Tris Borate EDTA), migration was performed by a current generator (Consort), voltage of 90 Volts for 30-40 minutes was used. The gel was visualized using a transilluminator to UV).

Table 1. amorces for CTX-M, SHV TEM

les gènes		Primer
CTX-M	CTX-MF	50 - ATGTGCAGYACCAGTAARGT – 30
	CTX-MR	50 - ACCGCRATRTCRTTGGTKGT – 30
TEM	TEML	50 - ATGAGTATTCAACATTT – 30
	TEMR	50 - TTACCAATGCTTAATCA – 30
SHV	OS5	50 - TTATCTCCTGTTAGCCACC – 30
	OS6R	50 - GATTTGCTGATTTCGCTCGG – 30
Mec A		• 5'-GCGATCAATGTTACCGTAG-3' ;
		• 5'-AGAAATGACTGAACGTCCG-3'

Table 2. programme of reaction

Gene	initial step	Denaturation, hybridization, stretching	the number of cycles	final step
CTX-M	94°C 5 min	94°C 1min/60°C 1min/ 72°C 1min	30	72°C 7min
SHV	94°C 5 min	94°C 1min/60°C 1min/ 72°C 1min	25	72°C 7min
TEM	94°C 5 min	94°C 1min/50°C 1min/ 72°C 1min	25	72°C 7min
Mec A	95°C 9 min	94°C 30s/55°C 30s/ 72°C 90s	30	72°C 7min

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 THE BACTERIA IDENTIFIED

All bacteria which were sent from four provinces indicated that Enterobacteriaceae (42.3%) was prevalent, ESBL Enterobacteriaceae representing 43.6% (E coli 45%). (figure 1 and 2)

Followed by pseudomonas aeruginosa with 18%, which Resisters occupy 75%.

In third position was staphylococcus had 14.8% (24% had a Methicillin-resistant).

The incidence of MRSA strains is high particularly in Japan, being 60% nationwide, and as high as 90% in individual hospitals (15).

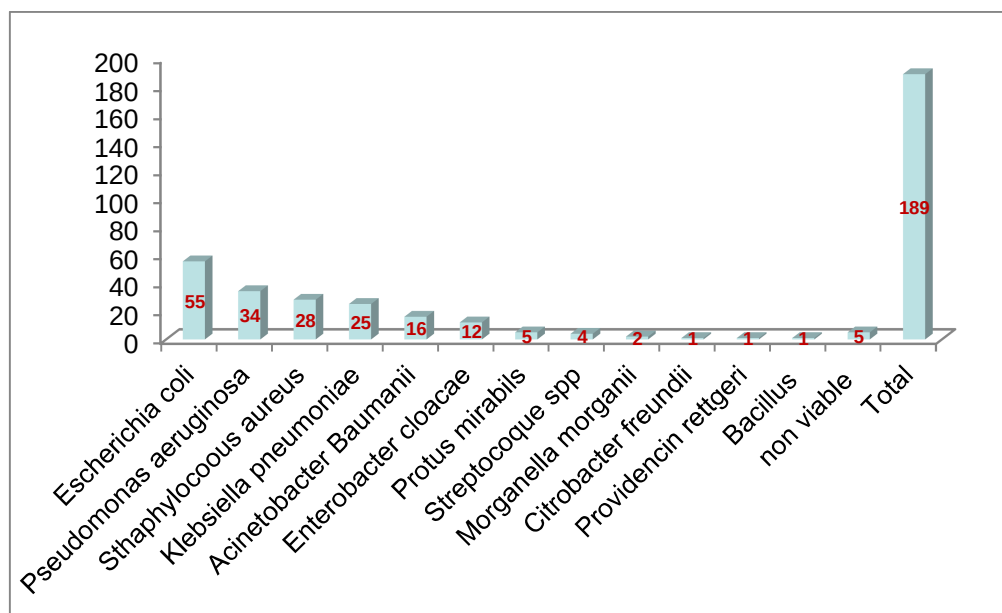


Figure1 :The bacteria identified

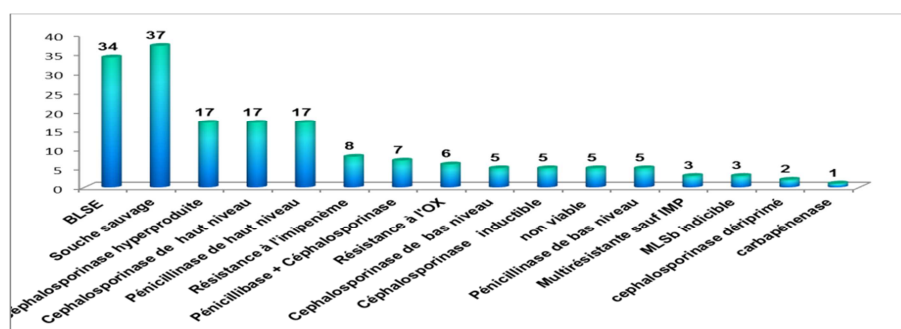


Figure 2 : Strains of fourths sites identified according to their phenotype

In European countries the rate of MRSA was found to be 46% in Denmark, (16) 22% in Poland, (17) 46-67.5% in Greek hospitals (18), 26-33% in Italy, (19). and 3% in the North Middlesex Hospital, UK. (15) In Turkey, the prevalence of MRSA strains has ranged from 25-80% (20)

3.2 GENES FOR ESBL

The responsible genes for ESBL production were CTX-M, SHV and TEM. sometimes two genes or more were found.

CTX was the most prevalent gene, it represented 51.5% of ESBL Enterobacteriaceae,

And in combination with TEM and SHV it was 31.5% of these bacteria.

SHV was represented only 8.6 % and in combination with CTX it was 14.3%.(table 2)

Table 3. molecular biology analysis for ESBL-producing Enterobacteriaceae

Gene	Number of strains
CTX-M	18
SHV	3
TEM	3
CTX-M +TEM	6
CTX-M+ SHV	5

In other studies CTX-M type ESBL are predominant (45% of all E-ESBL+), mainly in *Escherichia coli* (34.5%). The TEM of ESBL was the second predominant type (34.5%), mainly in *Enterobacter aerogenes* (18.6%) and *Klebsiella pneumoniae* (9.4%). SHV ESBL was found mainly in *Enterobacter cloacae* (7.5%). Several epidemic situations were identified, with CTX-M15 in *Escherichia coli* (21, 22 and 23)

In Tunisia, the first isolate found to produce a CTX-M de type blactamase was an *E. coli* strain recovered from the urine of a surgical patient (8 March 2000). Two months later, other isolates harboring the CTX-M PCR consensus sequence was found in the general medicine ward and subsequently in other wards [24]

In other studies the ESBL was identified as CTX-M-28 by sequencing of PCR products and isoelectric focusing. The ESBL resistance was transferred by a 50 kb plasmid. CTX-M-28 is closely related to CTX-M-15, also the first description of this enzyme was in Tunisia by Ben Achour et al(25)

3.3 THE GENE RESPONSIBLE FOR RESISTANCE TO METHICILLIN

The gene responsible for resistance to Methicillin in our case was mec A detected in the six strains tested Methicillin-resistant. *S. aureus* (MRSA) (table 3) was considered to be resistant to all b-lactam antibiotics, this bacteria is epidemic in hospitals environments in parts of Europe (e.g.Greece, UK), Japan and USA.

Table 4. Analysis by molecular biology of Staphylococcus aureus Methicillin resistance

Gene	number of strains
Mec A	6

In some areas, 40–60% of hospital *S. aureus* isolates are MRSA (26) methicillin-resistant have been isolated from hospital wastewaters (Schwartz et al., 2003 (27). Previous studies have shown that *S. aureus* has a low prevalence in hospital and municipal wastewaters (Shannon et al., 2007) (28).

The mecA gene has been detected both in municipal and in hospital wastewaters (29)

4 CONCLUSION

Bacteria which were sent from provinces indicated that Enterobacteriaceae (42.3%) was prevalent, ESBL Enterobacteriaceae representing 43.6% Followed by *pseudomonas aeurogenosa* and *staphylococque* .

CTX was the most prevalent gene, it represented 51.5% of ESBL Enterobacteriaceae, and mec A The gene responsible for resistance to Methicillin was detected in the six strains tested.

REFERENCES

- [1] Archibald L., Phillips L., Monnet D., McGowan JE Jr., Tenover F., Gaynes R., Antimicrobial resistance in isolates from inpatients and outpatients in the United States: increasing importance of the intensive care unit. Clin Infect Dis. 24:211-215 (1997).
- [2] Flamm RK., Weaver MK., Thornsberry C., Jones ME., Karlowsky JA., Sahm DF., Factors associated with relative rates of antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa* isolates tested in clinical laboratories in the United States from 1999 to 2002., Antimicrob Agents Chemother. 48: 2431-6 (2004).
- [3] Rhomberg PR, Jones RN, Sader HS. Results from the Meropenem Yearly Susceptibility Test Information Collection (MYSTIC) Programme: report of the 2001 data from 15 United States medical centres. Int J Antimicrob Agents. 23:52-9 (2004).
- [4] Sader HS, Biedenbach DJ, Jones RN. Global patterns of susceptibility for 21 commonly utilized antimicrobial agents tested against 48, 440 Enterobacteriaceae in the Sentry Antimicrobial Surveillance Program (1997-2001). Diagn Microbiol Infect Dis. 47:361-4 (2003).
- [5] Fridkin SK, Steward CD, Edwards JR. Surveillance of antimicrobial use and antimicrobial resistance in United States hospitals: project ICARE phase 2. Project Intensive Care Antimicrobial Resistance Epidemiology (ICARE) hospitals. Clin Infect Dis. 29:245-52 (1999).
- [6] Hsueh PR, Teng LJ, Chen CY, Chen WH, Wu Ho S, and Tay Luh K. Pandrug-resistant *Acinetobacter Baumannii* causing nosocomial infections in a university hospital, Taiwan. Emerg Infect Dis. 8:827-32 (2002).
- [7] Hsueh PR, Chen ML, Sun CC, Chen WH, Pan HJ, Yang LS, Emergence of antimicrobial drug resistance of major pathogens causing nosocomial infections at a university hospital in Taiwan, 1981-1999. Emerg Infect Dis. 2002;8:63-8
- [8] Hsueh PR, Liu YC, Yang D, Yan JJ, Wu TL, Huang WK, Multicenter surveillance of antimicrobial resistance of major bacterial pathogens in intensive care units in 2000 in Taiwan. Microb Drug Resist. 2001;7:373-82
- [9] Karlowsky JA, Jones ME, Thornsberry C, Frielland IR, Sahm DF. Trends in antimicrobial susceptibilities among Enterobacteriaceae isolated from hospitalized patients in the United States from 1998 to 2001. Antimicrob Agents Chemother. 47:1672-80 (2003).
- [10] Nordmann P, Poirel L. Emerging carbapenemases in gram-negative aerobes. Clin Microbiol Infect; 8:321-31 (2002).
- [11] Van Eldere J. Multicentre surveillance of *Pseudomonas aeruginosa* susceptibility patterns in nosocomial infections. J Antimicrob Chemother; 51:347-52 (2003).
- [12] Archibald L, Phillips L, Monnet D, Mac Gowan JE Jr, Tenover F, Gaynes R. Antimicrobial resistance in isolates from inpatients and outpatients in the United States: increasing importance of the intensive care unit. Clin Infect Dis.; 24:211-215 (1997).
- [13] National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. Approved standard M2-A6, 6th ed. Wayne, PA: NCCLS (1999).
- [14] Thabaut, A. & Meyran, M.. In-vitro activity of tazobactam (YTR 830) and piperacillin combinations against 224 isolates of *Pseudomonas aeruginosa* harboring known β -lactamase. Pathological Biology .39, 361-6 (1990).
- [15] Mehtar S. The continuing problem of hospital staphylococci: Why? J Chemother (Italy); 6 (Suppl. 4): 25-31 (1994)
- [16] Emmerson M. Nosocomial staphylococcal outbreaks. Scand J Infect Dis. 93 (Suppl. 1): 47-54 (1994)
- [17] (Hryniewicz W. Bacterial resistance in Eastern Europe-selected problems. Stand J Infect Dis. 93 (Suppl.): 32-39 (1994)
- [18] Kosmidis J, Polychronopoulou-Karakatsanis C, Milano-Petropoulou D, Mavrogenis N, Xenaki-Kondyli M, Gargalianos P. Staphylococcus infections in hospital: the Greek experience. J Hosp Infect. 11: 109-115 (1988).
- [19] Varaldo PE. Epidemiological study of Staphylococcus aureus strains isolated from clinical material in 24 Italian hospitals. Eur J Epidemiol. 2: 208-214 (1986)
- [20] Gun H, Ozinel MA, Yenen OS. Methicillin resistance of Staphylococci isolated from clinical specimens. Turk J Sot Microbiol. 20(3-4): 211-215 (1992).
- [21] C. Giraud-Morin a,*, T. Fosse. Recent evolution and characterization of extended-spectrum β -lactamase producing enterobacteria in the CHU of Nice (2005-2007) Pathologie Biologie. 56 : 417-423 (2008)

- [22] Cantón R, Novais A, Valverde A, Machado E, Peixe L, Baquero F, Coque TM. Prevalence and spread of extended-spectrum beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae in Europe. *Clin Microbiol Infect* 2008;14 (Suppl. 1): 144–53.
- [23] Lavollay M, Mamlouk K, Frank T, Akpabie A, Burghoffer B, Ben Redjeb S, et al. Clonal dissemination of a CTX-M-15 beta-lactamase-producing *Escherichia coli* strain in the Paris area, Tunis, and Bangui. *Antimicrob. Agents Chemother.* 50(7):2433–8(2006).
- [24] Mamlouk K, Ben Boubaker IB, Gautier V, Vimont S, Picard B, Ben Redjeb S, et al. Emergence and outbreaks of CTX-M beta-lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* strains in a Tunisian hospital. *J Clin Microbiol.* 44:4049–56(2006).
- [25] N. Ben Achour, P.S. Mercuri, P. Power b, C. Belhadj, M. Ben Moussa, M. Galleni, O. Belhadj. First detection of CTX-M-28 in a Tunisian hospital from a cefotaxime-resistant *Klebsiella pneumoniae* strain *Pathologie Biologie* .57: 343–348(2009)
- [26] Grundmann, H., Aires-de-Sousa, M., Boyce, J., Tiemersma, E.,. Emergence and resurgence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* as a public-health threat. *Lancet* 368(9538), 874–885 (2006)
- [27] Schwartz, T., Kohnen, W., Jansen, B., Obst, U., Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms. *FEMS Microbiol. Ecol.* 43 (3), 325–335(2003)
- [28] Shannon, K.E., Lee, D.Y., Trevors, J.T., Beaudette, L.A.,. Application of real-time quantitative PCR for the detection of selected bacterial pathogens during municipal wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 382 (1), 121–129 (2007)
- [29] Volkmann, H., Schwartz, T., Bischoff, P., Kirchen, S., Obst, U.,. Detection of clinically relevant antibiotic-resistance genes in municipal wastewater using real-time PCR (TaqMan). *J. Microbiol. Methods.* 56 (2), 277–286 (2004).

Angioléiomyome rétropéritonéal abdominal: à propos d'une observation Marocaine

[Abdominal retroperitoneal angioleiomyoma: about a Moroccan observation]

Kenza Oqbani¹, Mariame Chraïbi¹, Nawal Harchichi², and Sanae Abbaoui¹

¹Service d'Anatomie et de Cytologie Pathologiques, CHU Mohammed VI, Université Mohammed I, Oujda, Maroc

²Service d'Anatomie et de Cytologie Pathologiques, Hôpital Al Farabi, Oujda, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: We report a case of an abdominal retroperitoneal angioléiomyoma in a 46-year-old woman who was admitted for abdominal volume increase. An abdominal CT scanner was performed. A retroperitoneal well-demarcated, heterogeneous, solid and cystic mass measuring up to 35x 30 cm was seen. The retroperitoneal location of this tumor is exceptional and only a few cases are reported in the literature.

Through this observation, we study the clinical, radiological and pathological criteria of this rare entity.

KEYWORDS: angioleiomyoma, retroperitoneal, histology, leiomyosarcoma, mitotic index.

RESUME: Nous rapportons le cas d'un angioléiomyome de siège rétropéritonéal abdominal chez une patiente âgée de 46 ans. La patiente est admise pour augmentation du volume abdominal faisant découvrir au scanner abdominal une masse rétropéritonéale bien limitée, hétérogène et solido-kystique mesurant 35 cm de grand axe. La localisation rétropéritonéale de cette entité histologique reste exceptionnelle et n'est rapportée que dans de rares cas dans la littérature.

A travers cette observation, nous mettons le point sur les critères cliniques, radiologiques et anatomopathologiques de cette entité rare.

MOTS-CLEFS: Angioléiomyome, rétropéritonéal, histologie, léiomyosarcome, index mitotique.

1 INTRODUCTION

L'angioléiomyome est une entité histologique rare appartenant aux léiomyomes [1]. Le siège rétropéritonéal reste exceptionnel et n'est rapporté que dans quelques cas dans la littérature [2].

Notre objectif à travers notre observation clinique est de mettre le point sur les critères cliniques, radiologiques et anatomopathologiques de cette entité rare.

2 OBSERVATION CLINIQUE

Nous rapportons l'observation clinique d'une patiente âgée de 46 ans, péri-ménopausique, sans antécédents pathologiques notables, admise aux urgences pour une augmentation du volume abdominal sans signe clinique associé.

L'examen clinique trouvait une masse volumineuse au niveau de l'hypochondre droit. Le scanner abdominal objectivait la présence d'une masse rétropéritonéale bien limitée, hétérogène et solido-kystique de 30 cm de grand axe.

La patiente était opérée. L'exploration per-opératoire retrouvait une masse rétropéritonéale hétérogène et bien encapsulée de 35 cm de grand axe, appendue au foie et refoulant l'intestin grêle et le rein droit à gauche. Une exérèse chirurgicale complète de la masse était indiquée.

L'examen macroscopique de la pièce opératoire mettait en évidence une masse assez bien limitée et encapsulée, pesant 4 kg et mesurant 33x 30x 9cm. Elle était de consistance ferme, homogène blanchâtre et fasciculée. Les zones périphériques comportaient des dilatations kystiques gorgées de sang (Cf. fig. 1).



Fig. 1. Etude macroscopique. Masse blanchâtre fasciculée assez bien limitée et encapsulée. Noter en périphérie la présence de dilatations kystiques gorgées de sang

L'examen histologique objectivait une prolifération tumorale mésenchymateuse à double composante (Cf fig 2). La partie ferme correspondait à une prolifération musculaire lisse faite de longs faisceaux entrecroisés à angle droit. Les cellules musculaires sont pourvues d'un noyau allongé finement nucléolé, sans atypies cytonucléaires ni figures de mitoses. Le cytoplasme est abondant éosinophile et fibrillaire. La deuxième composante était constituée d'une prolifération vasculaire faite de larges vaisseaux dilatés délimités par un endothélium régulier.

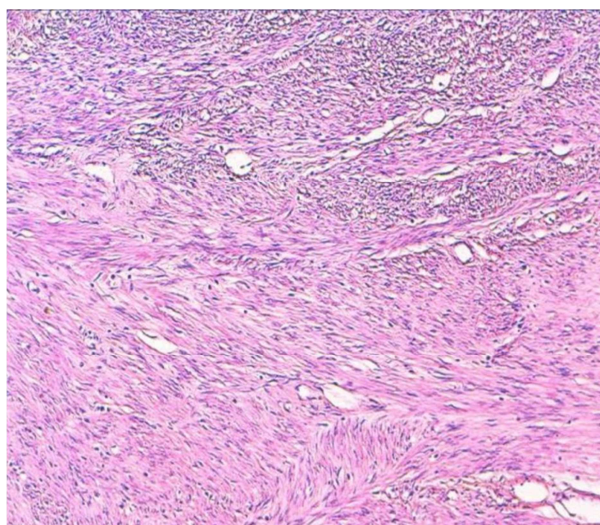


Fig. 2. Prolifération tumorale bénigne à double composante vasculaire et musculaire lisse faite de longs faisceaux musculaires entrecroisés à angles droits. (Histologie H&E x100)

On avait noté aussi des remaniements œdémateux et congestifs (Cf. fig 3). Vu l'absence d'atypies cytonucléaires et de mitose, le diagnostic retenu était un angioléiomyome de siège rétropéritonéal (Cf. fig 4).

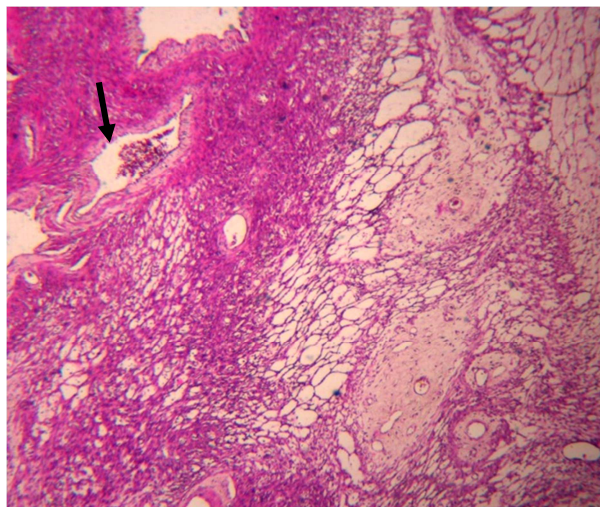


Fig. 3. Noter les remaniements kystiques et congestifs avec un vaisseau gorgé de sang (flèche). (Histologie H&E x 100)

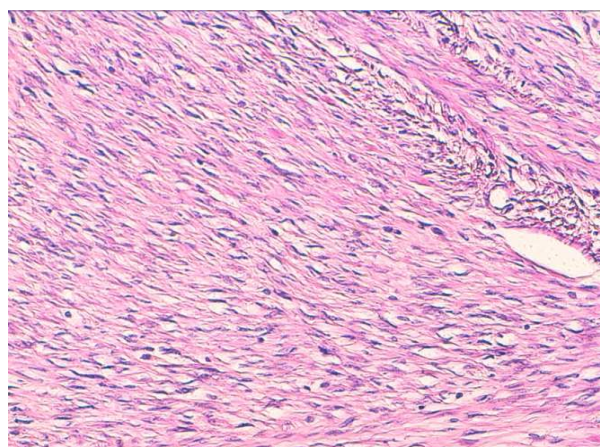


Fig. 4. Noter l'absence d'atypies cytonucléaires et de mitose. (Histologie H&E x 200)

Une étude immunohistochimique avait révélait un marquage positif à l'anticorps anti-muscle lisse (Cf. fig 5). Les anticorps anti HMB45, anti-CD117 et anti PS100 étaient négatifs. Cette étude immunohistochimique avait permis d'éliminer respectivement un angiomyolipome, une tumeur stromale gastro-intestinale (GIST) et une tumeur nerveuse périphérique. Les vaisseaux étaient marqués par l'anticorps anti CD34.

Après un recul de 2 ans, aucune récurrence n'était observée.

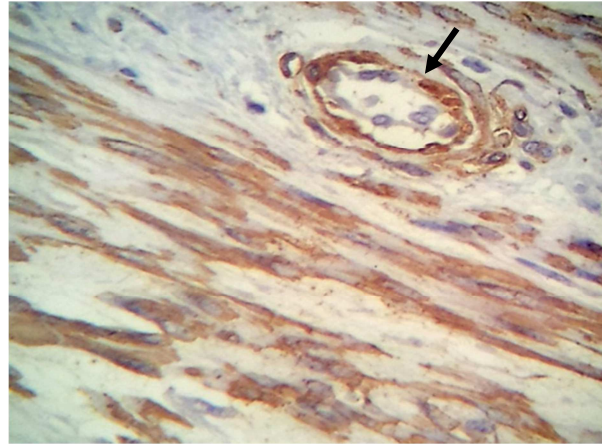


Fig. 5. Marquage membranaire intense des cellules musculaires lisses par l'anticorps anti muscle lisse (AML). Témoin interne positif au niveau des cellules musculaires lisses du vaisseau (flèche) (Immunohistochimie x 400).

3 DISCUSSION

L'angioléiomyome est une forme particulière de léiomyome contenant des vaisseaux à paroi épaisse [1]. Il survient chez l'adulte entre 40 et 60 ans exclusivement de sexe féminin [3]. Cette tumeur représente 5% des lésions bénignes des tumeurs des tissus mous. Elle prédomine au niveau sous-cutané des extrémités inférieures sous la forme d'une petite masse indolore ou douloureuse spontanément ou à la pression, et d'évolution lente [1]. La localisation profonde, rétropéritonéale ou abdominale reste exceptionnelle [2], [4], [5]. L'angioléiomyome de localisation profonde se présente comme une lésion isolée et indolore.

Radiologiquement, aucune série dans la littérature n'avait décrit l'aspect radiologique de l'angioléiomyome rétropéritonéal en dehors de données radiologiques restreintes de quelques cas reportés [6].

Macroscopiquement, l'angioléiomyome est un nodule hypodermique ou plus rarement dermique surélevant la peau, bien limité, gris-blanchâtre ou luisant parfois bleuté ou rougeâtre. L'angioléiomyome profond est de plus grande taille dépassant 30 cm de grand axe, le cas de notre patiente. C'est une tumeur bien circonscrite et de couleur blanc-grisâtre.

Histologiquement, l'angioléiomyome correspond à une prolifération tumorale à double composante musculaire lisse et vasculaire faite de vaisseaux dilatés. La composante musculaire lisse est faite de longs faisceaux entrecroisés à angle droit. Les cellules musculaires sont pourvues d'un noyau allongé en bout de cigare et finement nucléolé. Le cytoplasme est abondant éosinophile et fibrillaire. Les atypies cytonucléaires sont absentes ou discrètes. L'index mitotique est faible et reste inférieur à 5 mitoses par 50 CFG.

La plupart de ces tumeurs sont pauci-cellulaires et dégénératives. On n'y trouve des calcifications, de la fibrose et une dégénérescence myxoïde. Comme le cas de notre patiente qui présentait un angioleiomyome avec des remaniements kystiques, myxoïdes et œdémateux.

Ces léiomyomes de siège abdominal ou rétropéritonéal des femmes présentent des aspects morphologiques similaires aux léiomyomes utérins. A savoir une architecture macro ou microtrabéculaire, une hyalinisation et des dégénérescences kystiques et myxoïdes. La présence d'atypie cyto-nucléaires doit faire rechercher des mitoses atypiques.

Sur le plan immunohistochimique, les cellules tumorales expriment l'AML, la desmine, l'H-caldesmone et sont négatives pour la PS100.

Ces léiomyomes de siège retroperitoneal ou abdominal sont positifs de façon uniforme aux récepteurs hormonaux (RH)-progestéroniques et oestrogéniques- ainsi que WT1. Par contre, les leiomyosarcomes n'expriment pas ces (RH) ni WT1.

Le diagnostic différentiel se pose en priorité avec le léiomyosarcome, étant fréquent au niveau rétropéritonéal [7]. Les aspects radiologiques de cette tumeur maligne sont aspécifiques et parfois ne distinguant pas un léiomyome d'un léiomyosarcome [8]. L'étude anatomopathologique est l'examen de choix pour différencier entre ces deux tumeurs où le critère essentiel de malignité est représenté par le nombre élevé de mitoses. Ainsi l'absence de mitoses atypiques permet d'éliminer ce diagnostic de LMS.

Le pronostic est bon avec un faible potentiel de récurrence locale après exérèse chirurgicale complète [2].

4 CONCLUSION

Le diagnostic préopératoire d'un angioléiomyome rétropéritonéal est rarement possible et il peut généralement ne pas être différencié des tumeurs malignes. L'examen histologique est nécessaire pour confirmer le diagnostic.

L'angioléiomyome devrait être inclus dans le diagnostic différentiel des masses rétropéritonéales à composante solidokystique.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts concernant cet article.

REFERENCES

- [1] Weiss SW, Goldblum JR. Benign tumors of smooth muscle. In: Weiss SW, Goldblum JR. Enzinger and Weiss's soft tissue tumors. 4th ed. St Louis: Mosby, 2001; 699–700.
- [2] Paal E, Miettinen M. Retroperitoneal leiomyomas. A clinicopathologic and immunohistochemical study of 56 cases with comparison to retroperitoneal leiomyosarcomas. *Am J Surg Pathol* 2001; 25:1355–1363.
- [3] McCluggage WG, Boyde A. Uterine angioleiomyomas: a report of 3 cases of a distinctive benign leiomyoma variant. *Int J Surg Pathol* 2007; 15:262–265.
- [4] Barth PJ, Adler G. Vascular leiomyoma (angiomyoma) of the retroperitoneum. Clinical presentation as a cystic upper abdominal tumor. *Med Klinik (Munich)* 1993; 88:57–59.
- [5] Lazović G, Milićević S, Atanacković J, Milosevic V, Bozanović T, Gojnić M. Leiomyoma of the uterus and retroperitoneal angioleiomyoma: case report. *Clin Exp Obstet Gynecol* 2007; 34:257–258.
- [6] Agorastos T, Dinas K, Patsiaoura K. Cystic degenerated angioleiomyoma mimicking ovarian pathology. *Acta Obstet Gynecol*
- [7] McLeod AJ, Zornoza J, Shirkhoda A. Leiomyosarcoma: computed tomographic findings. *Radiology* 1984; 152:133–136.
- [8] Arakawa A, Yasunaga T, Yano S, et al. Radiological findings of retroperitoneal leiomyoma and leiomyosarcoma: report of two cases. *Comput Med Imaging Graph* 1993; 17:125–131.

Vers une reconnaissance du droit à la terre par le droit international des droits de l'homme

[Towards a land right recognition by International Human Rights Law]

ABDELKRIM LHAFSSI

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales – Souissi,
Université Mohamed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2016 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: Starting from the previous implemented processes to recognize the human right to water, and the observation that human rights are indivisible, interdependent and interrelated, we argue that it is time to establish a human right to land under international law. Indeed, two strong arguments constitute a convincing pillar: the first is the importance of land for the realization of a number of internationally recognized human rights, and the second is the alarming situation of serious violations of human rights resulting from the expansion, in the recent years, of international investment in farmlands. Such basis is supported by providing a number of widely accepted international instruments and both regionally and nationally advanced jurisprudence. However, efforts to interpret and apply international standards remain a permanent challenge, and their effectiveness has not been definitively established, given the fragmented nature of international human rights law.

KEYWORDS: right to land, land rights, land grabbing, human rights international instruments, equality of treatment, indigenous people, agricultural communities, rural population.

RESUME: Partant de l'antécédente démarche suivie pour reconnaître le droit de l'homme à l'eau, et du constat selon lequel les droits de l'homme sont indivisibles, interdépendants et intimement liés, nous faisons valoir que le temps est venu pour établir un droit de l'homme à la terre en vertu du droit international. En effet, deux arguments forts constituent un fondement convaincant. Le premier est l'importance de la terre pour la réalisation d'un certain nombre de droits humains internationalement reconnus. Le second est la situation alarmante des violations graves des droits de l'homme découlant de l'expansion, ces dernières années, des investissements internationaux dans les terres agricoles. Ce fondement se trouve soutenu par les dispositions d'un certain nombre d'instruments internationaux largement acceptés et une avancée jurisprudentielle à la fois régionale et nationale. Cependant, les efforts visant à interpréter et appliquer les normes internationales demeurent un défi permanent, et leur efficacité n'a pas été définitivement établie, étant donné la nature fragmentaire du droit international des droits humains.

MOTS-CLEFS: droits fonciers, accaparement de terres, instruments internationaux des droits de l'homme, populations autochtones, communautés agricoles, populations rurales.

1 INTRODUCTION

Avec l'expansion, ces dernières années, des investissements internationaux dans les terres agricoles, les droits fonciers sont devenus au cœur des intérêts des différents acteurs s'intéressant à la terre. Cette dernière, oubliée

depuis plusieurs années, est devenue à la fois un enjeu de compétitivité internationale et un instrument financier privilégié, donnant naissance à un nouveau mode d'investissement dans le secteur agricole, qualifié communément d'« accaparement de terres »¹. Cette qualification provient du fait que ces investissements privent les populations rurales de leurs terres essentielles pour maintenir leur droit à la nourriture et jouir d'autres droits humains.

Les droits fonciers ne sont pas généralement perçus comme une question de droits humains. Ils se réfèrent communément aux droits d'utilisation, du contrôle, et du transfert d'une parcelle de terrain et les ressources qui s'y trouvent. Juridiquement, ils sont généralement formulés en des lois foncières ou des règlements d'urbanisme, mais ils sont rarement associés aux droits de l'homme.

À l'échelle internationale, aucun traité ou déclaration se réfère spécifiquement à un droit de l'homme à la terre. En fait, à proprement parler, il n'y a pas de droit de l'homme à la terre en vertu du droit international. Cependant, les droits fonciers constituent la base pour l'accès à la nourriture, au logement et au développement, et sans garanties d'accès à la terre, de nombreux peuples se trouveront dans une situation de grande insécurité économique. Ainsi, dans de nombreux pays, l'accès et les droits sur les terres sont souvent basés sur des systèmes discriminatoires et distinctifs où les plus pauvres et les moins instruits ne bénéficient pas de droits de propriété sécurisés².

Cette situation a entraîné l'émergence de plusieurs mouvements revendiquant la reconnaissance et l'affirmation du droit fondamental à la terre. L'affirmation selon laquelle les droits fonciers sont des droits humains a été un dénominateur commun des mouvements basés en Inde, l'Afrique du Sud, le Brésil, le Mexique, la Malaisie, l'Indonésie, les Philippines, et de nombreux autres pays à travers le monde. Pour ces mouvements, l'articulation d'un droit à la terre est perçue comme un moyen de faire pression pour la protection et la promotion d'une question sociale clé: la reconnaissance que les populations locales aient le droit d'utiliser, posséder et contrôler les développements entrepris sur leurs propres terres. Les droits fonciers n'ont pas seulement directement un impact sur les droits de propriété individuels, mais sont également au cœur de la justice sociale.

En plus d'être une question centrale pour l'égalité et la justice sociale, les droits fonciers sont largement absents du lexique des droits humains. Sur les neuf principaux instruments internationaux, ils ne sont que marginalement mentionnés dans le contexte des droits des femmes dans les zones rurales³. Néanmoins, malgré l'absence d'une référence claire aux droits fonciers dans ces principaux instruments internationaux, il y a eu une attention accrue au sein de la jurisprudence internationale faisant des droits fonciers, et donc du droit à la terre, une question de droits de l'homme.

Partant de l'antécédente démarche suivie pour reconnaître le droit de l'homme à l'eau, de l'ampleur sans précédent du phénomène de l'accaparement des terres, des déplacements et expulsions forcées des paysans sans terre, et des préoccupations sur la gestion durable des ressources naturelles, nous faisons valoir que le temps est venu pour établir un droit de l'homme à la terre en vertu du droit international. Le présent article essaie d'examiner les contours de la nécessité d'une reconnaissance du droit à la terre dans le cadre international des droits de l'homme (II). Il démontre que malgré qu'il n'ait pas été officiellement proclamé, cette nécessité de reconnaissance provient du fait que la terre a été toujours appréhendée soit comme un droit spécifiquement important pour les communautés agricoles et les peuples autochtones, comme un ingrédient pour l'égalité des sexes, ou encore comme un slogan de ralliement contre les inégalités d'accès à la nourriture et au logement.

¹ Ce processus est qualifié d'« accaparement de terres » ou d'« agro-colonialisme » par les ONG et bon nombre d'organisations paysannes (Grain, 2008), de « pressions commerciales sur les terres » par l'ONG International Land Coalition (ILC) et International Institute for Sustainable Development (IISD) ; de façon plus neutre d'« acquisitions de terres agricoles » par la Banque Mondiale ; d'« appropriations de terres à grande échelle » par la FAO. Les controverses qui ont affecté la définition et la terminologie relative à ce phénomène sont particulièrement dues aux débats autour des deux modèles du développement agricole : l'agro-industrie ou l'agriculture paysanne.

² C'est le cas de la plupart des pays africains où dominent des régimes coutumiers de gestion foncière, qui reposent sur les traditions et pas sur les titres de propriété.

³ L'article 14 de la convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes incite les Etats parties à assurer pour les femmes rurales « l'accès au crédit et aux prêts agricoles, ainsi qu'aux services de commercialisation et aux technologies appropriées, et de recevoir un traitement égal dans les réformes foncières et agraires et dans les projets d'aménagement rural » ;

L'article essaiera ensuite d'évaluer sommairement les principaux instruments et la jurisprudence des organes internationaux des droits de l'homme sur la question de la terre **(II)**, avant de conclure sur une évaluation de degré de cohérence qui pourrait exister entre la rhétorique des normes internationales et la pratique, et les défis d'une mise en œuvre effective du droit à la terre **(conclusion)**.

2 LES CONTOURS DE LA NECESSITE D'UNE RECONNAISSANCE DU DROIT A LA TERRE PAR LE DROIT INTERNATIONAL DES DROITS DE L'HOMME

Pour des milliards de ruraux, la capacité de réaliser leurs droits humains et vivre dans la dignité est souvent subordonnée à leur accès aux terres et aux ressources naturelles. Les droits fonciers ont ainsi été au centre des revendications des mouvements sociaux et des organisations de la société civile à travers le monde. Dans le même temps, la terre, les ressources naturelles et leur potentiel de production, ont été au cœur des politiques publiques et ont attiré un large éventail d'intérêts étatiques et non-étatiques.

Deux arguments forts constituent un fondement convaincant et complet de droits humains sur la terre. Le premier est l'importance de la terre pour la réalisation d'un grand nombre de droits humains internationalement reconnus, dont le droit à l'alimentation, à un niveau de vie suffisant, à un logement adéquat, à l'eau⁴, le droit de jouir de sa propre culture [1], le droit d'assurer librement le développement économique, social et culturel⁵ et l'égalité du traitement [2]. La seconde est la situation alarmante des violations graves des droits de l'homme découlant de l'expansion des investissements dans les terres agricoles, entraînant l'expulsion forcée et le déplacement des paysans, la dépossession des gens de leurs moyens de subsistance et de l'habitat, l'éclatement des conflits sociaux et la criminalisation des défenseurs et des militants des droits fonciers.

Aujourd'hui, 19,5 millions d'hectares de terres agricoles sont convertis annuellement pour l'industrie et l'immobilier [3], alors que plus d'un quart de la population mondiale est sans terre, dont 200 millions de personnes vivant dans les zones rurales [4]. Les pressions accrues sur les terres, et qui peuvent prendre plusieurs formes (achat, location, concession...), s'accroissent avec le temps, entraînant le déplacement des paysans et des petits agriculteurs des terres qu'ils ont cultivées depuis des générations. Généralement décrites comme un « accaparement de terres », ces pressions se réfèrent à la prise de possession ou du contrôle d'une surface de terre destinée à la production agricole commerciale/industrielle dont la taille serait disproportionnée par rapport aux propriétés foncières de la région [5]. Elles impliquent la dépossession des petits exploitants agricoles (en particulier les femmes, qui représentent la grande majorité des agriculteurs de subsistance), et d'autres groupes, des terres et des ressources naturelles dont dépendent leurs moyens de subsistance. Ce processus fait peser des menaces critiques sur leur capacité à réaliser le droit à l'alimentation, le droit à un logement adéquat et une gamme d'autres droits.

Cependant, ce ne sont pas seulement les communautés agricoles qui font face à ces menaces. Dans les zones côtières et les bassins versants, on estime qu'en 2012, 58,3 millions de personnes travaillent dans le secteur primaire de la pêche de capture et de l'aquaculture, dont 84% vivent en Asie et 10% en Afrique [6]. Pour ces groupes, l'accès aux terres côtières ou des zones riveraines est indispensable pour leur subsistance et le développement économique. Toutefois, la vente, la location ou la cession de terres à des promoteurs de tourisme et aux élites locales au détriment des pêcheurs artisans et des communautés locales [7], risque de nuire à la capacité des petits agriculteurs, pêcheurs et autres petits exploitants de réaliser une série d'autres droits, notamment leur droit à l'alimentation.

Les peuples autochtones ont une relation particulière avec leurs terres et territoires qui représentent non seulement la base pour leur survie matérielle, mais aussi pour le maintien de leur culture et de l'exercice de leur droit à l'autodétermination. Environ 370 millions de peuples autochtones vivant dans quelque 70 pays [8] se trouvent victimes de l'exploitation des ressources naturelles [9], ce qui les rend particulièrement vulnérables à la

⁴ Exemple de l'article 25 de la Déclaration Universelle des Droits de l'homme, et l'article 11 du Pacte international des droits économiques, sociaux et culturels.

⁵ Exemple de l'article 1 du Pacte international des droits économiques, sociaux et culturels, et du Pacte International des droits civils et politiques

dépossession et le déplacement. Ils manquent de titres et sont souvent confrontés à la discrimination et d'autres obstacles dans la réalisation de leurs droits sur leurs terres et territoires.

Présentant environ 120 millions dans le monde [10], les pasteurs sont un autre groupe qui s'appuie sur l'accès et l'utilisation des terres pour maintenir leurs moyens de subsistance. Même si ce groupe est souvent sous-représenté dans les instances internationales, les éleveurs représentent une population importante. En Mongolie, par exemple, les éleveurs semi-nomades et nomades représentent environ 30% de la population du pays [11], et à travers les zones arides de l'Afrique subsaharienne, 50 millions de personnes dépendent de leur capacité à accéder à des pâturages [12].

Dans de nombreux cas, les communautés rurales et urbaines, confrontant la dépossession, le déplacement et l'inadmissibilité suite à l'accaparement des terres ou suite à des politiques foncières injustes, se trouvent face à un large éventail de menaces, d'harcèlement et de violence, des acteurs à la fois étatiques et non-étatiques.

La question de la terre a depuis longtemps constitué un thème central dans les luttes des organisations et des mouvements sociaux pour la justice sociale. La notion d'un droit de l'homme à la terre se développe progressivement, et trouve une reconnaissance croissante chez les communautés des droits de l'homme, et dans le développement de droit international et de la jurisprudence liée à la question de l'accès, de l'utilisation ou du contrôle des terres.

3 LES SOUBASSEMENTS JURIDIQUES ET JURISPRUDENTIELS POUR UNE RECONNAISSANCE D'UN DROIT DE L'HOMME A LA TERRE PAR LE DROIT INTERNATIONAL

Bien que les organismes des droits de l'homme n'aient pas encore reconnu la terre comme un droit humain autonome, il existe un certain nombre d'instruments internationaux largement acceptés et une jurisprudence régionale qui abordent de diverses questions de droits humains relatives à la terre.

La Déclaration universelle des droits de l'homme garantit que « *Toute personne, aussi bien seule qu'en collectivité, a droit à la propriété. Nul ne peut être arbitrairement privé de sa propriété* » [13]. Les deux principaux pactes relatifs aux droits de l'homme reconnaissent aussi le principe de l'autodétermination, à savoir, que les peuples « *ont le droit de disposer d'eux-mêmes. Ils déterminent librement leur statut politique et assurent librement leur développement économique, social et culturel. Tous les peuples peuvent disposer librement de leurs richesses et de leurs ressources naturelles. En aucun cas, un peuple ne pourra être privé de ses propres moyens de subsistance* » [14]. Il a également été admis que " *Nul ne sera l'objet d'immixtions arbitraires dans sa vie privée, sa famille, son domicile ou sa correspondance....* " [15]. La plupart des États membres de l'ONU ont également reconnu " *le droit de toute personne à un niveau de vie suffisant pour elle-même et sa famille, y compris une nourriture, un vêtement et un logement suffisants, ainsi qu'à une amélioration constante de ses conditions d'existence* " [16]. Les États ont également entrepris d'éliminer la discrimination et garantir le droit de chacun à la propriété, aussi bien seule qu'en association avec d'autres [17]. L'égalité des droits pour les femmes à l'égard de la propriété [18] a été également reconnue.

Les travaux d'interprétation des principaux organes conventionnels des Nations Unies sur les questions des droits de l'homme ont également donné essor à une nouvelle jurisprudence en matière des droits de l'homme liés à la terre. Un certain nombre d'observations générales [19] et d'observations finales, suite à l'examen des rapports des États par le Comité des droits économiques, sociaux et culturels, ont suscité, entre autres questions, des préoccupations sur l'exploitation des ressources naturelles, les expulsions forcées et l'accaparement des terres [20]. Le Comité sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes a également développé une jurisprudence liée à la terre, et a appelé à respecter rigoureusement le droit de la femme de posséder à égalité avec l'homme et, indépendamment de son statut marital, une part des terres, dans le cadre

des réformes agraires et des programmes de redistribution [21], et a confirmé, dans plusieurs décisions, que la question de l'accès à la terre implique aussi un éventail de droits civils et politiques⁶.

Autres champs supplémentaires des travaux d'interprétation et de jurisprudence pertinente liée à la terre et les droits humains y afférents peuvent également être trouvés dans la jurisprudence interne des Etats à travers le monde [22], ainsi que dans les systèmes européen, interaméricain et africain des droits de l'homme. Plus récemment, le 4 février 2010, la Commission africaine des droits de l'homme et des peuples a émis une communication historique⁷ [23]. Elle a en effet, pour la première fois, constaté la violation des droits de populations autochtones en Afrique et ordonné à l'État – en l'occurrence le Kenya – de, entre autres, restituer les terres ancestrales dont les Endorois avaient été expropriés sans compensation en 1973, au nom de la constitution d'une réserve faunique [24].

Dès 1990, le Rapporteur spécial des Nations Unies sur les droits économiques, sociaux et culturels a soumis un rapport d'étape à la Commission des droits de l'homme, dans lequel il a souligné la relation entre la terre et les droits humains, et a recommandé à ce qu'une approche des droits de l'homme soit employée dans le traitement des questions liées à la terre [25]. En 1994, la Commission des Nations Unies sur les droits de l'homme, en désignant un expert indépendant sur le droit de chaque personne à la propriété, a souligné, dans son rapport final, que " *La nécessité s'impose de maintenir le lien évident entre le droit à la propriété, le droit à un logement satisfaisant et d'autres droits de l'homme connexes lors de l'examen de la réalisation des droits économiques, sociaux et culturels*" [26]. Plus récemment, en 2008, le Rapporteur spécial des Nations Unies sur le droit à un logement convenable a appelé le Conseil des droits de l'homme de l'ONU à reconnaître le droit à la terre comme un droit humain et de renforcer sa protection dans le droit des droits de l'homme [27]. Cette recommandation a été réaffirmée par le Comité consultatif du Conseil des droits de l'homme au début de 2011 [28].

Au cours des dernières années, les efforts visant à codifier les droits des groupes vulnérables à la discrimination et la marginalisation ont également abordé des droits humains liés à la terre. Les droits des peuples autochtones à leurs terres et territoires, par exemple, ont le plus de progrès en termes de reconnaissance formelle. L'article 26 de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples indigènes leur reconnaît "le droit aux terres, territoires et ressources qu'ils possèdent et occupent traditionnellement ou qu'ils ont utilisés ou acquis". Il leur reconnaît également « le droit de posséder, d'utiliser, de mettre en valeur et de contrôler les terres, territoires et ressources qu'ils possèdent parce qu'ils leur appartiennent ou qu'ils les occupent ou les utilisent traditionnellement, ainsi que ceux qu'ils ont acquis" [29].

Il y a eu aussi de nouveaux efforts pour clarifier les droits des femmes en ce qui concerne la terre, y compris l'égalité en matière de droits de propriété, l'héritage ainsi que le titrage des terres et des fermes⁸.

4 CONCLUSION

Bien que la jurisprudence est importante et en constante évolution, des lacunes existent encore entre la rhétorique des normes internationales et la pratique. Cela pose de sérieux défis quant à la capacité des peuples à accéder, utiliser et contrôler les terres desquelles ils dépendent physiquement, matériellement, socialement et culturellement. Il semble y avoir un large consensus au sein de la communauté des droits de l'homme que le problème est double. D'une part, le droit international des droits de l'homme n'a pas réussi à aborder de façon globale les questions liées à la terre. Ce constat se traduit par un vide normatif, et exige alors un instrument neuf ou plus développé dans le but de prévenir et de fournir une protection contre une pratique qui aboutit à la

⁶ Voir à ce propos la constatation du Comité des droits de l'homme: Ilmari Lämsman et consorts c/ Finlande, Communication No. 511/1992 (8 November 1994).

⁷ Voir également à ce propos la Cour Interaméricaine des Droits de l'Homme, Communauté Saramaka c. Surinam, 28 novembre 2007. Commission Africaine des Droits de l'Homme et des Peuples, Centre on Housing Rights and Evictions (COHRE) c. Soudan, Communication No. 296/2005, (29 Juillet 2009) et la Cour Européenne des droits de l'homme, affaire DOGAN et autres c. Turquie, Arrêts nos. 8803-8811/02, 8813/02 et 8815-8819/02 (29 Juin 2004).

⁸ Voir par exemple le Rapport présenté par Raquel Rolnik, Rapporteuse spéciale sur le logement convenable en tant qu'élément du droit à un niveau de vie suffisant ainsi que sur le droit à la non-discrimination à cet égard, 19^{ème} session du Conseil des droits de l'homme, A/HRC/19/53/Add.2.

violation des droits de l'homme. D'autre part, il existe un déficit de mise en œuvre sérieuse concernant l'application des normes et des protections qui existent déjà. Cela se produit lorsque les États ne parviennent pas à adopter une législation nationale, établir des mécanismes et des procédures, mandater les institutions et allouer les ressources nécessaires pour assurer que les normes soient appliquées dans les politiques et les programmes spécifiques.

L'absence de normes fortes régissant le droit d'accès et du contrôle des terres exacerbe aussi les inégalités sociales et approfondit les niveaux de marginalisation que subissent certains groupes. Le manque de garanties efficaces des droits fonciers marginalise les populations qui deviennent plus vulnérables aux privations de besoins fondamentaux et des libertés fondamentales, et de violations graves de toute une gamme de droits de l'homme. Cela explique pourquoi un bon nombre de normes concernant les droits de l'homme liés à la terre, qui sont déjà mis en place, sont souvent formulées dans le cadre de problèmes immédiats, tels que les déposessions et les expulsions forcées, l'accaparement des terres, l'itinérance, le manque de terres, etc. Dans d'autres cas, elles sont encadrées comme des droits particuliers à des groupes spécifiques de personnes qui sont particulièrement touchés par l'insuffisance des protections. Les avantages et les inconvénients potentiels de la promotion d'une approche centrée sur la reconnaissance d'un droit humain à la terre est un sujet de débat entre les décideurs et les mouvements sociaux. De même, les efforts visant à interpréter et appliquer les normes internationales dans des cas particuliers lorsque des groupes réclament un droit à la terre est un défi permanent, et son efficacité n'a pas été définitivement établie, étant donné la nature fragmentaire du droit international des droits humains.

REFERENCES

- [1] L'article 27 du Pacte International des droits civils et politiques
- [2] L'Article 14 (2) (g) de la Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes,
- [3] Assemblée Générale des Nations Unies, 65^{ème} Session, Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation, A/65/281 11, Aout 2010, p. 8
- [4] UN-HABITAT, « Secure Land Rights for All », 2008, p. 4, accessible sur le lien <http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2488>, consulté le 02 Mars 2016
- [5] FIAN, « Accaparement de terres au Kenya et au Mozambique », avril 2010, p. 8
- [6] FAO, « La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture », 2014, p.31
- [7] Déclaration conjointe de La Vía Campesina – FIAN – Land Research Action Network – GRAIN, « pour un arrêt immédiat de l'accaparement de terres », 22 avril 2010
- [8] NU, Département des affaires économiques et sociales, « Resource Kit on Indigenous Peoples Issues », 2008, p. 10
- [9] NU, Assemblée Générale, 65^{ème} Session, Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation, A/65/281 11, Aout 2010, p. 9
- [10] NU, Assemblée générale, Conseil des droits de l'homme, 13^{ème} session, Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation, « Acquisitions et locations de terres à grande échelle: ensemble de principes minimaux et de mesures pour relever le défi au regard des droits de l'homme », A/HRC/13/33/Add.3, 28 Décembre 2009, p. 13.
- [11] Banque Mondiale, « Protecting Mongolian Herders Against Livestock Losses », 2010, accessible sur le lien <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2010/03/01/protecting-mongolian-herders-against-livestock-losses>
- [12] Nikola RASS, « Politiques et stratégies de réduction de la vulnérabilité des peuples pasteurs en Afrique subsaharienne », publication de la FAO, 2006, p. 1, accessible sur <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/pplpi/docarc/wp37.pdf>
- [13] Article 17 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme.
- [14] Article 1 du Pacte International relatif aux Droits Economiques, Sociaux et Culturels, et article 1 du Pacte International relatif aux Droits Civils et Politiques.
- [15] Article 12 du Pacte International relatif aux Droits Economiques, Sociaux et Culturels, et Article 12 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme.
- [16] Article 25 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, et Article 11.1 du Pacte International relatif aux Droits Economiques, Sociaux et Culturels.
- [17] Article 17 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme.
- [18] Article 3 du Pacte International relatif aux Droits Economiques, Sociaux et Culturels ; Article 2 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme et l'article 5.d.(v) de la Convention internationale sur l'élimination de toutes les formes de discrimination raciale.

- [19] Comité des droits économiques sociaux et culturels: Observation générale No. 4 (le droit à un logement adéquat) ; No. 7 (l'éviction forcée) ; No. 12 (le droit à une alimentation adéquate), paragraphe 12 ; No. 14 (le droit au meilleur état de santé susceptible d'être atteint) ; No. 15 (le droit à l'eau) ; No. 16 (Egalité de droits des hommes et des femmes dans la jouissance des droits économiques, sociaux et culturels) et No. 21 (droit de chacun de participer à la vie culturelle).
- [20] Comité des droits économiques sociaux et culturels: Examen du rapport du Cambodge, 2009; Examen du rapport de la République Démocratique du Congo, 2009 et l'examen du rapport du Chad, 2009.
- [21] Comité sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes, Recommandation générale No. 21 (Egalité dans le mariage et les rapports familiaux).
- [22] Décision de la Cour constitutionnelle d'Afrique du Sud concernant l'héritage et la loi coutumière: Bhe c. Magistrate, Khayelitsha & Ors. 2005 (1) BCLR 1 (CC), (15 Octobre 2004), et Arrêt No. T-821/07 de la Cour Constitutionnelle Colombienne (5 Octobre 2007).
- [23] Commission Africaine des Droits de l'Homme et des Peuples, le Centre pour le Développement des Droits des Minorités (Kenya) et l'organisation « Minority Rights Group International » au nom du Conseil pour la Protection des Endorois c/ le Kenya, Communication No. 276/2003 (4 février 2010);
- [24] Albane Geslin. « La protection internationale des peuples autochtones : de la reconnaissance d'une identité transnationale autochtone à l'interculturalité normative », Annuaire Français de Droit International, CNRS, 2011, LVI (année 2010), pp.658-687.
- [25] Rapport du Rapporteur spécial de la Sous-Commission de la promotion et de la protection des droits de l'homme sur la réalisation des droits économiques, sociaux et culturels (E/CN.4/Sub.2/1990/19).
- [26] Commission des droits de l'homme, 49ème session, Rapport final (complété) établi par M. Luis Valencia Rodríguez, expert indépendant; E/CN.4/1994/19, 25 Novembre 1993, para 494.
- [27] Conseil des droits de l'homme, 7^{ème} session, Rapport du Rapporteur spécial sur le logement convenable en tant qu'élément du droit à un niveau de vie suffisant ainsi que sur le droit à la non-discrimination dans ce contexte, A/HRC/7/16.
- [28] Assemblée générale des Nations Unies, Conseil des droits de l'homme, Comité consultatif, Huitième session, A/HRC/AC/8/6, 23 janvier 2012
- [29] Assemblée Générale des Nations Unies, 61^{ème} session, Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples indigènes, A/RES/61/295, 2 Octobre 2007 (Article 26).

Evaluation de la qualité du cotrimoxazole 480mg comprimé générique vendu dans la ville de Douala (Cameroun)

[Quality assessment of sample of generic cotrimoxazole tablets (480mg) marketed in Douala (Cameroon)]

Emmanuel NNANGA NGA¹⁻²⁻³, Y.L.T. TABI OMBGA¹, M.C. KIDIK POUKA², D. VANDI², D.E. TSALA⁴, L. SIDJUI³, and E.A. MPONDO MPONDO¹⁻²

¹Department of galenical Pharmacy and pharmaceutical legislation, Faculty of Medicine and Biological Sciences, the University of Yaoundé I. PO. Box: 1364, Yaoundé, Cameroon

²Department of Pharmaceutical Science, Faculty of Medicine and Pharmaceutical Science ; the University of Douala, PO. Box : 2701, Douala, Cameroon

³Institute of Medical Research and Medicinal Plants Studies, PO.Box:6163. Yaoundé, Cameroon

⁴FAC SCES. DEPT SC; The university of Maroua, Po. Box: 814, Maroua, Cameroon

Copyright © 2016 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: Cotrimoxazole is an association of two anti-infectives Sulfamethoxazole and Trimethoprim. It is a broad-spectrum antibiotic active against a wide range of microorganism (bacteria, fungi and protozoa). It is also used for the prevention of opportunistic infections in HIV-AIDS patients when the I CD4 level is between 350-500/mm³. For this reason, it is necessary to ensure the quality of the medicine administered to our population.

The purpose of the present study was to assess the quality of the generic Cotrimoxazole 480 mg tablets marketed in the Douala city.

A total of 37 lots of drugs were analysed, six (6) collected in the private organizations, seven (7) in the public sector and twenty-fourth (24) in the illegal market using the cluster sampling poll method. These drugs were therefore submitted to standards pharmaco-technical and physico-chemical tests.

Accordingly, the tests of disintegration, hardness, friability, mass uniformity, dimension uniformity, identification and the dosage of the active compounds demonstrated 33% of non-compliance in the private sector, 86% in the public sector and 79% in the illegal sector.

In conclusion, the study revealed that non-conformities affected the official sector (private and public) as well as the illegal in Douala market.

KEYWORDS: cotrimoxazole, quality, Douala, market.

RESUME: Le Cotrimoxazole est une association de deux anti-infectieux le Sulfaméthoxazole et le Triméthoprime. C'est un antibiotique à large spectre actif contre une gamme variée de microorganisme (bactéries, mycoses et protozoaires). Il est aussi utilisé pour la prévention des infections opportunistes chez les patients infectés par le VIH-SIDA lorsque le taux de CD4 est dans l'intervalle de 350-500/mm³. Pour cela, il est nécessaire de s'assurer de la qualité du médicament administré à la population.

Le but de notre étude est d'évaluer la qualité du Cotrimoxazole 480mg comprimé générique disponible dans la ville de Douala.

Au total 37 lots de médicaments ont été analysés soit six (6) prélevés dans le secteur privé, sept (7) dans le secteur public et vingt-quatre (24) dans le secteur illicite selon une méthode d'échantillonnage par sondage en grappe. Puis soumis aux tests pharmaco-techniques et physico-chimiques.

Au vu des résultats, pour ce qui concerne l'étiquetage, l'examen visuel, les tests de désagréation, dureté, friabilité, uniformité de masse, uniformité des dimensions identification et le dosage, nous avons obtenu 33% de non-conformité dans le secteur privé, 86% dans le secteur public et 79% dans le secteur illicite.

Au terme de notre travail, il ressort que les non-conformités touchent à la fois le secteur officiel (privé et public) et illicite.

MOTS-CLEFS: Cotrimoxazole, qualité, Douala, marché.

1 INTRODUCTION

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 25% de médicaments utilisés dans les pays en voie de développement sont faux ou de qualité inférieure [1]. Car, de nombreux pays en développement ne disposent pas d'industries pharmaceutiques bien établies et dépendent principalement des importations d'autres pays [2]. Le plus souvent, ces pays ne sont pas dotés de bons systèmes d'assurance qualité et risquent dès lors, d'être approvisionnés par des produits de mauvaise qualité, ce qui accroît les menaces pour la santé des populations [2]. D'autre part, les fabrications non-conformes aux Bonnes Pratiques de Fabrication et la vente illicite des médicaments par des contrefacteurs sont très répandues [3]. Ces marchés très lucratifs ne cessent de se développer à travers le monde et principalement dans les pays en voie de développement [4].

Une enquête menée par ReMeD au Cambodge en 1997 a reporté 11 % des médicaments à base de Cotrimoxazole de mauvaise qualité [5].

En 2004 au Malgaches, une étude similaire a trouvé 31 % de Cotrimoxazole non-conformes [6].

Après une enquête menée par l'OMS sur la qualité des médicaments sur le marché pharmaceutique africain en 1995 il a été retrouvé Au Cameroun, 24 % de Cotrimoxazole 480 mg non-conformes [7]. Ces non-conformités sont principalement dues à la multiplication des marchés illicites, favorisant la circulation des médicaments de qualité douteuse et d'origine incertaine [8].

Pour s'assurer de la qualité des médicaments en circulation au Cameroun, le Ministère de la Santé Publique a mis en place une structuration constituée respectivement, d'un système national d'homologation, responsable de la délivrance de l'autorisation de mise sur le marché, un laboratoire de contrôle qualité pour vérifier la conformité des médicaments et une inspection générale des services pharmaceutiques, pour assurer un suivi régulier de la qualité et du respect des bonnes pratiques de fabrication par les établissements pharmaceutiques [9].

Malgré toutes ces mesures, les médicaments de mauvaises qualités sont de plus en plus infiltrés dans le circuit formel de distribution des médicaments dans le pays. Les risques de ces non-conformités étant multiples [7], il est nécessaire de mettre au point urgemment, des méthodes accessibles et sûres pour faire en sorte que, les produits fabriqués localement ainsi que ceux importés soient de qualité suffisante et sans risque pour le consommateur [2].

C'est dans ce cadre qu'intervient notre étude basée sur « l'évaluation de la qualité du Cotrimoxazole 480 mg comprimé générique disponible dans la ville de Douala ».

Le Cotrimoxazole est une association de deux anti-infectieux le Sulfaméthoxazole et le Triméthoprime. C'est un antibiotique à large spectre actif contre une gamme variée de microorganismes les bactéries, mycoses et protozoaires [10]. Il est aussi utilisé pour la prévention des infections opportunistes, c'est le cas des patients infectés par le VIH-SIDA lorsque le taux de CD4 est dans l'intervalle de 350-500/mm³ [11].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PÉRIODE ET CADRE D'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude expérimentale qui a été menée au sein du laboratoire de technologie pharmaceutique de l'Institut de Recherches Médicales et d'Etudes des Plantes Médicinales (IMPM) de Yaoundé et au laboratoire multidisciplinaire de la

Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I au Cameroun. D'une période allant du 3 Novembre 2014 au 18 Mai 2015.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Nous avons fait un échantillonnage par sondage en grappe qui consistait à tirer au sort les formations sanitaires, les grossistes répartiteurs et les marchés de distribution illicite. Au bout duquel nous avons prélevé 6 lots dans le secteur privé, 7 lots dans le secteur public et 24 lots dans le secteur illicite.

2.3 TECHNIQUES D'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

ETIQUETAGE :

Il consiste à vérifier que toutes les informations concernant, le nom du médicament, la dénomination commune internationale (DCI), le dosage en principe actif, la forme pharmaceutique, le lot attribué par le fabriquant, la date de péremption et date de fabrication, le numéro d'autorisation de mise sur le marché, le mode d'utilisation et voies d'administration et les précautions particulières d'utilisation sont indiquées sur l'étiquette du récipient [12].

EXAMEN VISUEL :

Principe : consiste à déterminer : couleur, forme, surface, aspect, épaisseur, ligne de sécabilité, enrobage

Procédé : Cet examen consiste à retirer au moins 20 comprimés de leur conditionnement et de les examiner visuellement. Ils ne doivent pas être endommagés ; La surface doit être lisse et généralement de couleur uniforme. Aucune instabilité physique ne doit se manifester à savoir: Présence de quantités excessives de poudre et/ou de fragments de comprimés au fond du récipient ou blister (provenant de comprimés érodés, écrasés ou brisés) ; Fissures, de la surface ou de l'enrobage, Gonflement, coloration anormale, tache, Présence de cristaux sur les parois du récipient ou sur les comprimés [13].

TEST DE DESAGREGATION

Principe : cet essai est destiné à déterminer l'aptitude des comprimés ou capsules à se désagréger dans le temps prescrit, en milieu liquide et dans des conditions expérimentales bien définies.

Procédé : introduire les 6 comprimés dans les 6 tubes du ratelier ajoutez un disque si l'emploi des disques est prescrit. Faire fonctionner l'appareil en utilisant comme liquide d'immersion le milieu spécifié maintenu à $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Au temps indiqué remontez le porte-tube hors du liquide et examinez l'état des comprimés soumis à l'essai. Si tous les comprimés sont désagrégés l'essai est conforme. Si un ou deux comprimés ne sont pas désagrégés répétez l'essai deux fois sur 12 autres comprimés. L'essai est conforme si 16 des 18 comprimés soumis à l'essai sont désagrégés. Selon la norme, la durée de désagrégation pour un comprimé non enrobé est inférieure ou égale à 15 minutes [13,14,15].

TEST DE FRIABILITE :

Principe : soumettre n comprimés à une force de chute régulière pendant un temps donné.

Procédé : Dans le cas des comprimés de masse unitaire inférieure ou égale à 650 mg prélevé un nombre de comprimé entiers correspondant d'aussi près que possible à une masse de 6.5g.

Dans le cas de comprimés de masse unitaire supérieure à 650 mg prélevez un échantillon de 10 comprimés entiers. Dépoussiérer les comprimés et noter leur aspect, dans une capsule de pesée, peser la masse de l'ensemble des 10 comprimés, à 0,001g près. Noter la masse initiale (Mi). Placez les comprimés dans le tambour, procédez à 100 rotations puis sortez les comprimés du tambour, éliminez les poussières libres comme précédemment et noter leur aspect. Dans une capsule de pesée, peser la masse de l'ensemble des 10 comprimés, à 0,001g près. Noter la masse finale (Mf). En règle générale l'essai est effectué sans répétition. Si au terme du cycle de rotations, l'échantillon comporte des comprimés visiblement fêlés, fissurés ou cassés il ne satisfait pas à l'essai. Si les résultats sont difficiles à interpréter ou si la perte de masse est supérieure à la valeur cible, répétez l'essai à trois reprises et calculez la moyenne. Interprétation: l'essai est considéré comme conforme si la perte de masse est inférieure à 1% [13, 14, 15].

UNIFORMITE DE MASSE :

Procédé : Peser individuellement 20 comprimés prélevés au hasard ; déterminer la masse moyenne. La masse individuelle de 2 au plus des 20 unités peut s'écarter de la masse moyenne d'un pourcentage plus élevé que celui qui est indiqué dans le tableau suivant ; mais la masse d'aucune unité ne peut s'écarter de plus du double de ce pourcentage [13,14, 15].

Tableau 1 : Uniformité de masse des comprimés

Formes	Masse moyenne	Ecart limite autorisées en pourcentage	Nombre de comprimé
Comprimés enrobés	80 mg ou moins	± 10	Minimum 18
		± 20	Maximum 2
	Plus de 80 mg et Moins de 250 mg	$\pm 7,5$	Minimum 18
		± 15	Maximum 2
	250mg ou plus	± 5	Minimum 18
Capsules		± 10	Maximum 2
		± 10	Minimum 18
	Moins de 300 mg	± 20	Maximum 2
		$\pm 7,5$	Minimum 18
	300 mg ou plus	± 15	Maximum 2

UNIFORMITÉ DE DIMENSIONS

Principe : cet essai permet de déterminer l'épaisseur, le diamètre et largeur de chaque comprimé.

Procédé : Prélever au hasard 10 comprimés. Pour chaque comprimé rond, mesurer l'épaisseur, et le diamètre à l'aide d'un pied à coulisse. Calculer les limites de contrôle supérieures et les limites de contrôle inférieures et conclure. L'essai est déclaré conforme si aucun comprimé n'a une épaisseur ou un diamètre hors des limites de contrôle inférieures et limites de contrôle supérieures [16].

IDENTIFICATION

Principe : Ce test permet de déterminer la présence du Sulfaméthoxazole et du Triméthoprimé dans les comprimés de Cotrimoxazole 480 mg.

Procédé : préparer séparément les solutions suivantes

- Solution de référence de sulfaméthoxazole :

Dans une fiole jaugée de 100 ml introduire 2 g de sulfaméthoxazole et compléter avec le diluant. Agiter. Solution de référence de triméthoprimé : Dans une fiole jaugée de 100 ml introduire 0.4 g de triméthoprimé et compléter avec le diluant. Agiter.

- Solution d'essai :

Broyer finement un comprimé. Dans une fiole jaugée de 20 mL, introduire une quantité de poudre de comprimé correspondant à environ 0,4 g de sulfaméthoxazole et 0.08 g de triméthoprimé. Compléter au volume avec le diluant et Filtrer. Déposer séparément sur une plaque les différentes solutions ci-dessus, laissé sécher la plaque à l'air ambiant. Introduire la plaque dans la cuve constituée du solvant de développement. Enlever la plaque et visualiser les principaux spots à l'aide de la lampe UV [17].

DETERMINATION DE LA TENEUR EN PRINCIPE ACTIF

Principe : Cet essai est destiné à déterminer si les comprimés de Cotrimoxazole 480mg contiennent réellement 400 mg Sulfaméthoxazole et 80 mg de Triméthoprimé.

- Dosage du sulfaméthoxazole

Procédé : Broyer finement un comprimé, introduire la poudre obtenue dans un bécher, Laver le pilon et le mortier avec 50 ml d'acétone et les ajouter à la poudre de comprimé, Ajouter quelques gouttes de bleu de thymol, Agiter 5 minutes sous agitation magnétique, titrer avec une solution de tétrabutyl ammonium 0,1N. Sachant que 1 ml de la solution de tétrabutyl ammonium 0,1 N correspond à 25,33 mg de sulfaméthoxazole, la teneur en sulfaméthoxazole d'un comprimé est donnée par la formule [18] :

$$X = n \times 25,33 \text{ (mg/cp)}$$

n = chute de burette du dosage (ml)

Normes : 90-110% [14].

- Dosage du Triméthoprim

Procédé : Peser un comprimé, soit PC (poids d'un comprimé (mg)) Peser et broyer finement quelques comprimés, Introduire dans une ampoule à décanter, une quantité de poudre de comprimés, PE (poids de poudre de comprimés dans la prise d'essai (mg)) exactement pesée, correspondant à 150 mg de Triméthoprim. Ajouter 30 ml de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N et extraire par 4 fois 10ml de chloroforme. Laver l'extractum par 2 fois 10ml de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N. Filtrer la phase organique à l'aide d'un filtre séparateur de phase. Ajouter quelques gouttes de violet de méthyle. Agiter sous agitation magnétique. Titrer avec une solution d'acide perchlorique 0,1N. Sachant que 1 ml de la solution d'acide perchlorique 0,1N correspond à 29,03 mg de Triméthoprim, la teneur en Triméthoprim d'un comprimé est donnée par la formule [18] :

$$X = n \times 29,03 \times \text{PC/PE (mg/cp)}$$

n = chute de burette du dosage (ml)

PC = poids d'un comprimé (mg)

PE = poids de poudre de comprimé dans la prise d'essai (mg)

Normes : 90-110% [14].

Trois autorisations pour la réalisation de ce travail ont été obtenues à savoir celui du comité d'éthique, du laboratoire de l'Institut de Recherches Médicales et d'Études de Plantes Médicinales et aussi du laboratoire multidisciplinaire de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'université de Yaoundé I.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS version 16 (SPSS, Inc., Houston, IL, USA). Le test exact de Fisher a été utilisé pour comparer le pourcentage de non-conformité, évalué selon les différentes variables qualitatives (étiquetage, examen visuel, test de désagrégation, friabilité, uniformités de masse et de dimension, test d'identification et la teneur en principe actif), entre les différents secteurs de prélèvements (public, privé et illicite). Ce test statistique a aussi été utilisé pour comparer le pourcentage de médicaments non conformes entre les continents, les pays d'origine, les laboratoires et les secteurs de prélèvements. Une valeur de probabilité inférieure à 0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

3 RESULTATS

3.1 RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON

REPARTITION SELON LE SECTEUR DE PRELEVEMENT

Selon le secteur de prélèvement, 65% des médicaments prélevés lors de notre échantillonnage provenaient du secteur illicite, 16% du secteur privé et 19% du secteur public (figure 1).

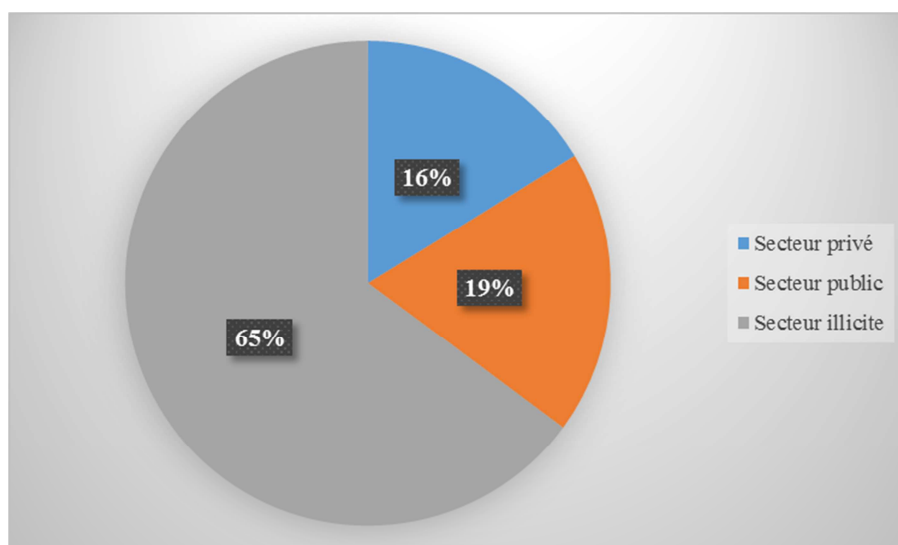


Figure 1: répartition des échantillons selon les secteurs de prélèvement

3.2 ANALYSE DES RÉSULTATS

CONFORMITÉ SELON LE CONTINENT

Le pourcentage de médicaments non conformes est plus élevé en Afrique (100%) suivit de l'Asie (76%) et enfin de l'Europe (60%). (Figure 2)

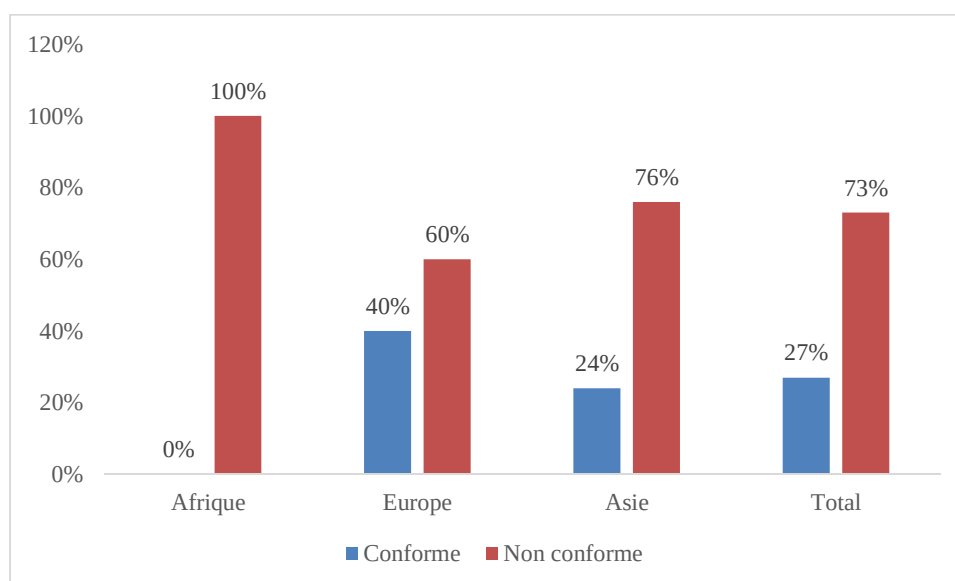


Figure 2 : Conformité selon le continent

ETIQUETAGE

Pour le contrôle de l'étiquetage nous avons obtenu 17% de non-conformité dans le secteur privé, suivit du secteur public (14%) et du secteur illicite (12 %). Ces non conformités étaient caractérisés par l'absence du carré rouge sur le conditionnement secondaire.

EXAMEN VISUEL

En ce qui concerne l'examen visuel nous avons obtenu 17% de non-conformité dans le secteur privé, 14% dans le secteur public et 83% dans le secteur illicite.

TEST DE DESAGREGATION

Pour le test de désagrégation nous avons obtenu 17% de non-conformité dans le secteur privé, 29% dans le secteur public et 83% dans le secteur illicite.

UNIFORMITE DE MASSE, ET DE DIMENSIONS

Nous n'avons pas obtenu de non-conformité pour ces tests.

TEST DE FRIABILITE

Nous avons obtenu 4% de non-conformité dans le secteur illicite tandis que le secteur privé et public n'a présenté aucune non-conformité.

TEST D'IDENTIFICATION

Aucune non-conformité n'a été observée pour ce test.

DETERMINATION DE LA TENEUR EN PRINCIPE ACTIF

Le secteur public venait en tête de la non-conformité avec 86% suivi du secteur illicite 79% et du secteur privé 33%.

3.3 CONFORMITÉ GLOBALE

Des 37 lots de médicaments à base de Cotrimoxazole 480mg analysés, 73% ont été déclarés non conformes et 27% conformes (figure 3).

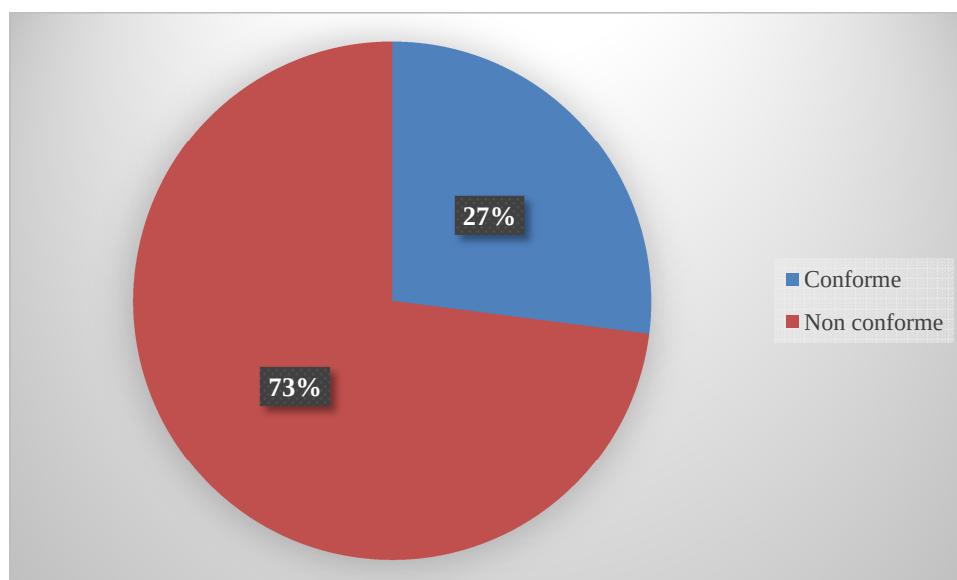
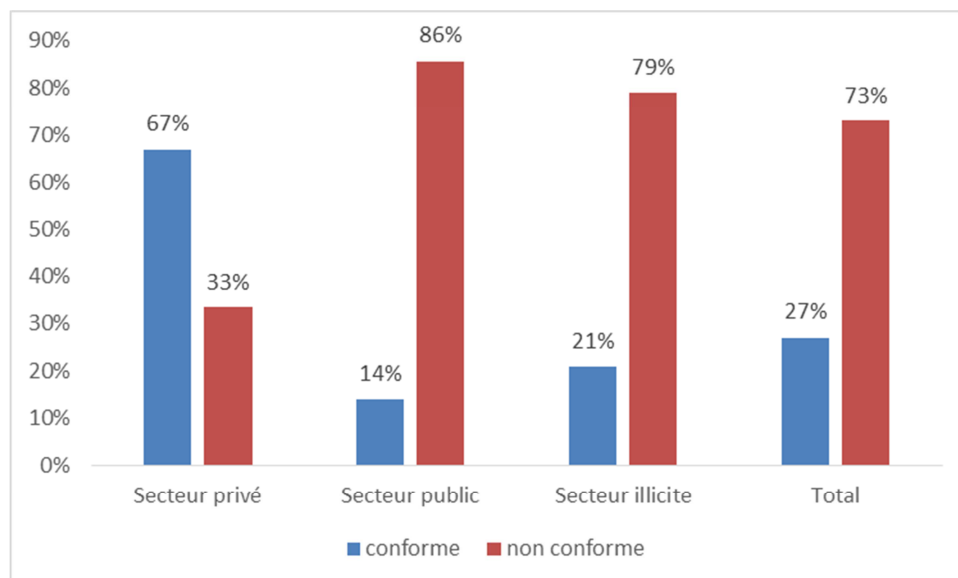


Figure 3 : répartition des échantillons selon la conformité

CONFORMITE SELON LE SECTEUR DE PRELEVEMENT

Sur les 37 échantillons analysés, nous avons obtenu le taux de non-conformité le plus élevé dans le secteur public 86%, suivi du secteur public 79% et du secteur privé 33%.



4 DISCUSSION

Les essais retrouvés non-conformes répertoriés dans notre étude sont l'étiquetage, l'examen visuel, le test de désagrégation, le dosage et la friabilité.

Pour l'uniformité de masse, l'uniformité des dimensions et le test d'identification nous n'avons pas observé de non-conformité au cours de notre étude. Ces résultats sont semblables à ceux trouvés par KOUONANG [19] en 2005 qui a trouvé 0% de non-conformité lors d'une étude portant sur le contrôle qualité de trois dérivés de l'Artemisinine au Mali.

En ce qui concerne le contrôle de l'étiquetage, sur l'ensemble des médicaments analysés, nous avons obtenu 17% de non-conformité dans le secteur privé, 14% du secteur public et 12% du secteur illicite. Ce résultat est inférieur à celui trouvé par DJIM-MADJIM [20] en 2008 qui a trouvé 38.46% de non-conformité dû au défaut d'étiquetage lors d'une étude sur le contrôle qualité des antipaludiques utilisés au Burkina Faso. Ceci peut être dû au non-respect des normes de l'étiquetage requises dans les bonnes pratiques de fabrication. Un tel défaut pourrait entraîner la délivrance de ce médicament sans prescription médicale avec tous les risques d'effets indésirables possibles.

En fonction de l'examen visuel

Au vu de nos résultats, 17% de non-conformité provenait du secteur privé, 14% du secteur public et 83% du secteur illicite. Ce résultat est supérieur à celui trouvé par Diop A et al [10] en 2009 lors d'une étude sur le contrôle qualité de quelques molécules antibiotiques utilisées au Sénégal qui ont trouvé que 80% des échantillons non conformes provenaient du secteur illicite, 20% du secteur privé et 0% du secteur public. Cette anomalie peut être due au non-respect des bonnes pratiques de fabrication. Ce qui pourrait entraîner la perte de confiance de la population aux médicaments.

En fonction du test de désagrégation

Sur 73% de non-conformité observée au cours de notre étude, 56.8% sont dues au défaut de désagrégation soit : 17% de non-conformité dans le secteur privé, 29% dans le secteur public et 75% dans le secteur illicite. Ce résultat est largement supérieur à ceux obtenus par Diop et al [10] en 2009 qui ont trouvé uniquement 5% de non-conformité dans le secteur illicite. Un tel défaut peut s'expliquer par les facteurs liés à la fabrication du médicament, à savoir ; qualité des matières premières, principes actifs et excipients, granulométrie des poudres et la compression. Ce défaut a un impact sur la biodisponibilité car, le médicament ne pourra pas se désagréger dans l'organisme au temps indiqué ayant pour conséquence, les échecs thérapeutiques et l'apparition des résistances bactériennes.

En ce qui concerne le test de friabilité

Sur 37 lots analysés, nous avons 4% de non-conformité dans le secteur illicite. Ce résultat est supérieur à celui obtenu par DJIM-MADJIM [20] en 2008 qui a trouvé 0% de non-conformité pour le test de friabilité. Ceci peut être dû à la quantité de liant présent dans les comprimés. Cette anomalie a un impact sur la conservation de l'intégrité du médicament lors des chocs pouvant survenir pendant les transports et les livraisons.

En ce qui concerne le sous-dosage, nous avons obtenu 33% de non-conformité dans le secteur privé, 86% dans le secteur public et 79% dans le secteur illicite. Ce résultat est largement supérieur à ceux obtenus par RAKOTONDRALANDY [7] en 2004 lors d'une étude sur le contrôle qualité des médicaments antibiotiques sur les marchés pharmaceutiques Malgaches, l'OMS [8] en 1995 lors d'une étude sur la qualité des médicaments sur le marché pharmaceutique africain et ReMeD [6] en 1997 lors d'une étude portant sur la qualité des médicaments disponibles au Cambodge qui ont respectivement trouvé 31%, 24 % et 11% de non-conformité pour le dosage du Cotrimoxazole. Ceci peut être dû à un défaut de fabrication, à une contrefaçon ou aux malfaçons de certains laboratoires. Le sous-dosage de ce médicament expose notre population aux échecs thérapeutiques, à l'aggravation de la pathologie existante, et aux problèmes d'observance.

Concernant la relation entre continent d'origine, pays et qualité des médicaments

Du constat fait, l'Afrique détient le taux le plus élevé de non-conformité (100%) suivi de l'Asie (76%) et enfin de l'Europe (60%). Nos résultats sont contraire à ceux trouvés par MBADINDA MBADINDA [21] en 2004 lors d'une étude portant sur le contrôle qualité de l'Amodiaquine et de la Quinine à Bamako, qui a trouvé que l'Asie détient le taux de non-conformité le plus élevé (34,2%) suivi de l'Afrique (21.4%) et l'Europe (21%). Pour ce qui est du pays d'origine, le Nigéria possède le pourcentage de non-conformité le plus élevé (100%) suivi de l'Inde (85%) et ensuite de l'Angleterre (75%). Aucune non-conformité n'a été observée au niveau des échantillons provenant de l'Allemagne et la Chine. Nos résultats sont supérieurs à ceux d'une étude menée par ReMeD [6] en 1997 au Cambodge qui a trouvé que l'Inde venait en tête de la non-conformité avec 37% suivi de l'Allemagne 10.81%, et de la Chine 0%. Ceci peut s'expliquer par la contrefaçon, et par le non-respect de la législation pharmaceutique dans les pays africains.

En ce qui concerne la relation entre qualité et secteur de prélèvement

Le secteur public possède le taux de non-conformité le plus élevé (86%) suivi du secteur illicite (79%) et enfin du secteur privé (33%). Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par RAKOTONDRALANDRY [7] en 2004 lors du contrôle qualité des médicaments antibiotiques sur les marchés pharmaceutiques Malgaches a trouvé 16% de non-conformité dans le secteur privé, 62% de non-conformité dans le secteur public et enfin 75% de non-conformité dans le secteur illicite. Ces malfaçons, parfois intentionnelles, notamment dans les secteurs officiels, peuvent s'expliquer par l'absence de suivi de la qualité c'est-à-dire des contrôles systématiques et réguliers après l'enregistrement du médicament. Dans le secteur illicite, ces non conformités s'expliquent en grande partie par le fait que ces médicaments sont pour la plupart des contrefaçons, le coût des matières premières étant élevé les producteurs sont incités à réduire les doses.

5 CONCLUSION

Au terme de notre étude dont l'objectif a été d'évaluer la qualité du Cotrimoxazole 480 mg comprimé générique disponible dans la ville de Douala au Cameroun, nous avons constaté que sur 37 lots de médicaments analysés, 100% de médicaments étaient conformes au test d'identification. Pour le dosage du principe actif nous avons obtenu 33% de non-conformité dans le secteur privé, 86% dans le secteur public et 79% dans le secteur illicite. Concernant les tests pharmacotechniques, les non conformités décelées ont été le défaut d'étiquetage, le défaut de l'examen visuel, le défaut de désagrégation et le sous- dosage. Sur l'ensemble des lots analysés, 73% étaient déclarés non conformes soit 33% dans le secteur privé, 86% dans le secteur public et 79% dans le secteur illicite. Nos résultats montrent que la non-conformité touche aussi bien le secteur privé, public que le secteur illicite. Ces non conformités peuvent être dues à un défaut de fabrication, à la défaillance du système d'assurance qualité et aux malfaçons parfois intentionnelles de certains laboratoires. Toutes ces non conformités exposent la population aux échecs thérapeutiques, aux décès, à l'aggravation de la pathologie existante, aux problèmes d'observance thérapeutique et à l'apparition des phénomènes de résistances bactériennes.

CONFLIT D'INTERET: aucun

REFERENCES

- [1] Barbereau S. la contrefaçon des médicaments : un phénomène en pleine expansion. *Med Trop.* 2006 ; 66 :529-532.
- [2] Sidibe I. contrôle qualité des médicaments antipaludiques dans sept (07) régions administratives du Mali et le district de Bamako. [Thèse de pharmacie]. Bamako : Université de Bamako ; 2001, 121p.
- [3] Orphee J. contrôle analytique des médicaments à base d'Albendazole et de Mebendazole vendus en République de Guinée cas de la ville de Conakry-cas de la ville de Conakry. [Thèse de pharmacie]. Conakry : Université de Conakry ; 2008, 56p.
- [4] Diop A, Sarr S, Diop Y, Ndiaye B, Fall M, Mbaye G. Contrôle qualité de quelques molécules antibiotiques au Sénégal. *Med Trop.* 2009 ; 69 : 251-254.
- [5] ReMeD- Gimenez F, Bruneton C, Narong D. quelle qualité pour les médicaments disponibles au Cambodge. *Revue ReMeD* ; 1997 : 1-8.
- [6] Rakotondralandy V. Contrôle qualité des médicaments antibiotiques (amoxicilline, ampicilline, chloramphénicol, Cotrimoxazole, pénicilline, tétracycline) sur les marchés pharmaceutiques Malgaches. [Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies]. Antananarivo. Université Antananarivo ; 2004, 81 p.
- [7] Organisation Mondiale de la Santé. La qualité des médicaments sur le marché pharmaceutique africain. Etude analytique de trois pays africains : Cameroun, Madagascar et Tchad. OMS/DAP/95.3, 1995, 76p.
- [8] Dieng A. les médicaments contrefaits au Sénégal. [Thèse de pharmacie]. Dakar : Université CHEIKH ANTA DIOP ; 2001, 86 p.
- [9] Organisation Mondiale de la Santé. Cartographie et évaluation des systèmes d'approvisionnement et de distribution des médicaments et autres produits de santé au Cameroun. Direction de la pharmacie et du médicament services d'approvisionnement pharmaceutique. 2008, 85p.
- [10] OMS. Directives sur l'utilisation du Cotrimoxazole pour la prophylaxie des infections liées au VIH chez l'enfant, l'adolescent, l'adulte. 2007, 64p.
- [11] Anglaret X. affections opportunistes sévères de l'adulte infecté par le VIH en Afrique Subsaharienne. *Med Trop.* 2003 ; 66 :343-345.
- [12] Levacher E. pharmacotechnie industrielle. 2ème édition. IMT; 2006, 605-607p.
- [13] Pharmacopée Internationale. 4ème édition, volume 2, 2006. P 964-968.
- [14] Pharmacopée Européenne. 6ème édition, tome 1, 2008. P 281-298.
- [15] United States Pharmacopeia. 37ème édition, volume 1, 2014. P 315-317.
- [16] AB Pharm. Procédure de contrôle des comprimés. Pharmacotechnie pha 627. P 1-6.
- [17] Pharmacopée Britannique. 4ème édition, Volume 3, 2009. P 2473-2474.
- [18] Vincent-Ballereau F, LE quay L, Lafleur T, Rozec D, Lebel V, Mavoungou L. Contrôle de qualité des médicaments essentiels dans les pays en développement. Edition GEEP. Angers 1993, 600p.
- [19] Kouogang S. Contrôle de qualité de trois antipaludiques dérivés de l'artémisinine. [Thèse de pharmacie]. Mali : Université du Mali ; 2005, 108 p.
- [20] Djim- Madjim M. Contrôle de qualité des médicaments : cas des antipaludiques au Burkina Faso. [Thèse de pharmacie]. Bamako. Université de Bamako ; 2008, 105 p.
- [21] Mbadinga G. contrôle de qualité de l'amodiaquine et de la quinine. [Thèse de pharmacie]. Bamako. Université de Bamako ; 2004, 110p.

Effet de substitution de tourteau palmiste par le foin de *Moringa oléifera* dans la ration, sur la croissance de poulet de chair de souche ISA 715

[Meal Substitution effect by palm hay *Moringa oleifera* in the ration, ISA strain broiler growth 715]

U. Patrick Mufwaya and M. Honoré Kiatoko

Département de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, B.P. 117, UNIKIN, Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: An experiment on the substitution of palm kernel oil meal by *Moringa oleifera* hay in ration of broilers was conducted to evaluate the growth rate of the chicks and the cost per Kg of broiler. Three types of rations were formulated: 0%, 4% and 10% *Moringa* based rations. The test was made on thirty six one day chicks of ISA 715 strain raised for seven weeks. The obtained results have shown that replacing palm kernel oil meal by *Moringa oleifera* hay at the rate of 4 to 10% has no significant effect on the growth and feed conversion rate. However feed costs per Kg of broiler were reduced at almost 8% compared to the ration based on palm kernel oil meal.

KEYWORDS: Substitution effect, palm kernel oil meal, *Moringa oleifera* hay, ration, broiler growth rate, ISA strain breed.

RESUME: Une expérience de substitution de tourteau d'amende palmiste par le foin de *Moringa oléifera* dans la ration de poulets de chair a été conduite dans le but d'évaluer le taux de croissance des poussins et le coût de production par Kg de poulet. Trois types de rations basées sur le *Moringa oléifera* ont été formulés à savoir 0%, 4% et 10% de *Moringa oléifera*. Trente-six poussins d'un jour de souche ISA 715 ont été élevés pendant sept semaines. Les résultats obtenus ont montrés que le remplacement de tourteau palmiste par le foin de *Moringa* à des doses de 4% et 10% n'a donné aucune différence significative sur la croissance et le taux de conversion de nourriture. Cependant les coûts d'aliments par Kg de poulet ont été réduits de près de 8% comparés à la ration basée sur le tourteau palmiste.

MOTS-CLEFS: Effet de substitution, tourteau palmiste, foin de *Moringa oléifera*, ration, croissance de poulet de chair, poulet de chair de souche ISA 715.

1 INTRODUCTION

L'élevage de poulet de chair à grande échelle, dans les pays en développement comme la République Démocratique du Congo (RDC), est souvent rendu difficile suite aux coûts élevés des aliments pour volaille. Cette difficulté résulte du fait que les ingrédients utilisés dans la formulation des rations entrent pour la plupart des cas en concurrence avec l'alimentation humaine.

De plus, ces ingrédients sont souvent importés et rares, ce qui rend les coûts des aliments encore plus élevés. De cette situation, il résulte des conséquences économiques et sociales caractérisées par les coûts élevés de production, le découragement des éleveurs, la faible expansion des élevages modernes en milieux ruraux et le faible taux de consommation des produits de volaille en milieux paysans.

En effet, les poulets produits sur place coûtent plus cher que ceux importés, en dépit des taxes et des coûts de transport à l'importation.

Face à ce problème, il s'était avéré nécessaire de formuler une ration à base d'ingrédients locaux riches en éléments nutritifs et moins coûteuse pour les poulets de chair. Notre choix a ainsi porté sur les feuilles du *Moringa oleifera* Lam.

La référence [1] établit une simple comparaison (gramme pour gramme) entre la valeur nutritive des feuilles de cette plante et celle de quelques aliments ordinaires et conclut que 1 gramme de feuilles fraîches contiendrait 7 fois plus de vitamine C que dans 1 gramme de jus d'orange consommé, 4 fois plus de calcium que dans la même quantité de lait, 4 fois plus de β – carotène que dans la même quantité de carotte, 2 fois plus de protéines que dans le lait et 3 fois plus de potassium que dans la banane.

L'objectif général est de contribuer à la sécurité alimentaire et à améliorer l'état nutritionnel de la population de la R.D. Congo par la réduction de coût de production d'aliment pour la volaille. L'objectif spécifique consiste à formuler des rations à base de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* Lam en vue de réduire le coût de production.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU EXPÉRIMENTAL

L'expérience a été réalisée durant 35 jours dans le laboratoire de zootechnie à la faculté des Sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa. La température à l'intérieur variait de 20-22°C par temps frais et pluvieux et de 28-32°C par temps chaud. Cette pièce était en outre caractérisée par une bonne ventilation.

2.2 MATÉRIEL

2.2.1 ANIMAUX D'EXPÉRIENCE

Les poulets de chair utilisés dans cette expérience étaient de la souche ISA 715.

La souche ISA (Institut de Sélection Animale) ou le « broiler » Vedette est le résultat du croisement d'un coq blanc de taille normale avec une poule blanche de race naine (reproductrice Vedette) pesant moins de 2,5 Kg [2]. Les performances de ces poulets hybrides ISA sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau 1. Performances de la souche I.S.A

Age (Semaine)	Poids vif moyen (en g)	Indice de consommation
6	1 410	1,80
7	1 735	1,95
8	2 085	2,06
9	2 395	2,22

Source : Référence [2]

2.2.2 CAGES D'ÉLEVAGE

Les poussins ont été élevés dans des cages métalliques de dimensions 70 cm x 45 cm x 30 cm. Chaque loge possédant un plancher en grillage métallique ayant des mailles carrées de 2 cm de côté facilitant l'évacuation de déjections.

2.2.3 MANGEOIRES ET ABREUVOIRS

Les mangeoires étaient en bois et conçues de manière à réduire les pertes d'aliment.

Les abreuvoirs siphonides en tôles galvanisées avec réserve d'eau étaient utilisés pour satisfaire les besoins en eau et furent fabriqués de manière à limiter le gaspillage d'eau. Les dimensions des mangeoires et abreuvoirs utilisés dans cette expérience sont présentés au tableau 2.

Tableau 2. Dimensions des mangeoires et abreuvoirs

Mangeoires				Abreuvoirs
Age des poulets en semaine	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Profondeur (cm)	Capacité de chaque Abreuvoir en litre
2 - 4	30	12,6	10,5	1
5 - 7	61,5	11	7	2

2.2.4 ALIMENTS

La valeur bromatologique des ingrédients utilisés dans la formulation des rations expérimentales est reprise dans le tableau 3, tandis que les tableaux 4, 5 et 6 montrent la composition des rations R1, R2 et R3, respectivement qui ont fait l'objet de l'expérimentation.

Tableau 3. Composition bromatologique des ingrédients

Ingrédients	EM (Kcal/Kg)	PB (%)	Lys (%)	Mét (%)	Ca (%)	P (%)	G (%)	FB (%)
Maïs	3130	8,1	0,21	0,16	0,04	0,26	3,7	2,2
Tourteau palmiste	1300	14,8	0,4	0,26	0,28	0,56	8,5	17,9
Son de blé	1600	14,6	0,43	0,17	0,14	0,99	4,4	10,1
Drêche de brasserie	2000	24,1	0,77	0,36	0,21	0,58	7,4	15,3
Farine de poisson	3010	62,6	4,13	1,5	5,54	3,1	9,2	0
Poudre de feuilles de <i>Moringa</i>	2050	27,1	1,3	0,35	0,23	0,024	0,23	1,92
Huile de palme	7040	0	0	0	0	0	0	0

Source : Références [3], [4].

Légende : EM : énergie métabolisable ; PB : protéines brutes ; Lys : lysine ; Mét : Méthionine ; Ca : calcium ; P : phosphore ; MG : matière grasse ; FB : fibres brutes.

Tableau 4. Composition et apports nutritionnels de la ration (R₁) contenant 0% de *Moringa oleifera* (aliment témoin)

Ingrédients	Quantité (%)	EM (Kcal/Kg)	PB (%)	Lys (%)	Mét (%)	Ca (%)	P (%)	MG (%)	FB (%)
Maïs	60	1878	4,86	0,126	0,096	0,02	0,156	2,22	1,3
Tourteau palmiste	10	130	1,48	0,04	0,026	0,03	0,056	0,85	1,8
Son de blé	4	64	0,584	0,017	0,007	0,01	0,04	0,18	0,4
Drêche de brasserie	4	80	0,964	0,031	0,014	0,01	0,023	0,3	0,6
Farine de poisson	20	602	12,52	0,826	0,3	1,11	0,62	1,84	0
<i>Moringa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Huile de palme	2	140,8	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	2894,8	20,41	1,04	0,443	1,17	0,895	5,38	4,1

Tableau 5. Composition et apports nutritionnels de la ration (R₂) contenant 4% de *Moringa oleifera*

Ingrédients	Quantité (%)	EM (Kcal/Kg)	PB (%)	Lys (%)	Mét (%)	Ca (%)	P (%)	MG (%)	FB (%)
Maïs	60	1878	4,86	0,126	0,096	0,02	0,156	2,22	1,3
Tourteau palmiste	6	78	0,888	0,024	0,016	0,02	0,034	0,51	1,1
Son de blé	4	64	0,584	0,017	0,007	0,01	0,04	0,18	0,4
Drêche de brasserie	4	80	0,964	0,031	0,014	0,01	0,023	0,3	0,6
Farine de poisson	20	602	12,52	0,826	0,3	1,11	0,62	1,84	0
<i>Moringa</i>	4	8,2	1,084	0,052	0,014	0,0092	0,00096	0,0092	0,0768
Huile de palme	2	140,8	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	2924,8	20,9	1,076	0,447	1,17	0,873	5,05	3,5

Tableau 6. Composition et apports nutritionnels de la ration (R₃) contenant 10% de *Moringa oleifera*

Ingrédients	Quantité (%)	EM (Kcal/Kg)	PB (%)	Lys (%)	Mét (%)	Ca (%)	P (%)	MG (%)	FB (%)
Maïs	60	1878	4,86	0,126	0,096	0,02	0,156	2,22	1,3
Tourteau palmiste	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Son de blé	4	64	0,584	0,017	0,007	0,01	0,04	0,18	0,4
Drêche de brasserie	4	80	0,964	0,031	0,014	0,01	0,023	0,3	0,6
Farine de poisson	20	602	12,52	0,826	0,3	1,11	0,62	1,84	0
<i>Moringa</i>	10	20,5	2,71	0,13	0,035	0,02	0,002	0,02	0,2
Huile de palme	2	140,8	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	2969,8	21,64	1,13	0,452	1,17	0,841	4,56	2,5

2.3 MÉTHODE

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Trente-six poussins de souche ISA 715 âgés de deux semaines ont été répartis en trois groupes correspondant à trois traitements, à savoir les traitements R₁, R₂ et R₃. La composition de ces traitements ou rations est présentée dans les tableaux 4, 5 et 6.

Chaque traitement a été répliqué deux fois de façon à disposer de six poussins par répliquat. La répartition des poussins dans les répliquats a été effectuée de manière à avoir un poids moyen de 912 g par répliquat.

Les traitements ont été répartis selon un dispositif en blocs complets randomisés.

2.3.2 MODÈLE D'ALIMENTATION

Les rations ont été distribuées dans chaque traitement deux fois par jour, de façon à permettre une consommation alimentaire à volonté (*ad libitum*) aux poussins. Chaque matin, les quantités d'aliments refusées devraient être pesées afin d'évaluer la quantité réellement consommée.

2.3.3 LES PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

Les paramètres étudiés sont le poids vif, la consommation alimentaire, l'indice de consommation et le prix de revient d'un kilogramme de poulet.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 ÉVOLUTION DE POIDS VIFS DES POULETS

Tableau 7. Effet de la ration sur le poids vif moyen hebdomadaire (en g) des poulets

Rations	Age des poulets (semaine)					
	2	3	4	5	6	7
R ₁	152	308,74	468,99	687,08	973,08	1263,99
R ₂	152	309,08	465,16	703,91	988,99	1294,83
R ₃	152	312,41	454,08	712,33	993,91	1313,74

Le poids vif final à sept semaines d'âge était de 1263,99 g, 1294,83 g et 1313,74 g, respectivement, pour les poulets nourris avec la ration R₁, R₂ et R₃ (tableau 7).

L'analyse de la variance des données n'a relevé aucune différence significative quant aux poids vifs observés chez les poussins nourris avec les différentes rations.

Le poulet de chair de la souche I.S.A atteint 1735 g de poids vif à 7 semaines d'âge dans les meilleures conditions d'élevage [2]. Pour la référence [5], les poulets de cet âge auraient 2050 g. Sur base des résultats trouvés par ces auteurs, nous pouvons affirmer que la croissance de nos poussins a été légèrement faible.

La faible croissance pourrait être due à la faible consommation de nourriture causée probablement par les températures du milieu. En effet, les températures du milieu au-delà de 21° C affectent sensiblement la consommation de nourriture chez la volaille [6].

3.2 ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Tableau 8. Effet de la ration sur la consommation moyenne hebdomadaire d'aliment (g/semaine)

Rations	Age des poulets (semaine)					Consommation totale
	3	4	5	6	7	
R ₁	328,33	493,25	661,58	796,99	960,24	3 240,39
R ₂	327,49	455,74	630,16	741,08	918,49	3072,96
R ₃	321,66	471,58	636,41	798,08	992,74	3220,47

À la 7e semaine d'âge, la consommation alimentaire hebdomadaire observée a été de l'ordre de 960,24 g pour les poulets nourris à la ration dépourvue de *Moringa* (R₁), 918,49 g chez les poulets nourris à la ration contenant 4% de *Moringa* (R₂) et 992,74 g d'aliments chez les poulets nourris à la ration contenant 10% de *Moringa* (R₃).

L'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative. Ces résultats nous montrent que l'addition du foin de *Moringa* jusqu'à la teneur de 10% n'affecte pas de manière négative la consommation de la ration.

Cependant, comparé à la consommation alimentaire de l'ordre de 1045 g suggérée par la référence [5], nous pouvons croire que la consommation alimentaire de nos poussins a été relativement faible.

3.3 ÉVOLUTION DE L'INDICE DE CONSOMMATION

Tableau 9. Effet de l'âge et de la ration sur l'indice de consommation moyenne hebdomadaire de poulets de chair

Rations	Age des poulets (semaine)				
	3	4	5	6	7
R ₁	2,09	3,09	3,04	2,79	3,3
R ₂	2,08	2,95	2,63	2,6	3
R ₃	2,01	3,35	2,46	2,83	3,11

Au cours de la 3^e à la 7^e semaine d'âge, les indices de consommation observés chez les poussins ont varié entre 2,09 à 3,3 pour la ration R₁, de 2,08 à 3 pour la ration R₂, de 2,01 à 3,11 pour la ration R₃.

Aucune différence significative n'a été observée entre les trois différentes rations.

Les indices de consommation obtenus dans notre expérimentation semblent être plus élevés que ceux indiqués par la référence [2]. Les poussins de souche ISA présentent à 7 semaines d'âge un indice de consommation de 1,95 [2].

3.4 ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

Selon le tableau 10, la production d'un kilogramme de poulet de chair coûte en terme d'aliment respectivement : 870,8 Fc ; 796,49 Fc et 800,79 Fc pour les rations R₁ (Ration contenant 0% de *Moringa oleifera*), R₂ (Ration contenant 4% de *Moringa oleifera*) et R₃ (Ration contenant 10% de *Moringa oleifera*). Ces résultats montrent qu'il est moins coûteux de produire 1 Kg de poulet avec les rations contenant du Moringa (R₂ et R₃) en comparaison à celle sans *Moringa* (R₁). Cette situation se justifie par le coût d'aliment qui est faible pour la ration avec *Moringa* que celle sans *Moringa*. Signalons que le prix estimé de *Moringa* étant inférieur à celui du tourteau palmiste, justifie cette situation. Le coût d'aliment avec *Moringa* pourrait encore être revu à la baisse si l'éleveur cultive et produit le *Moringa*.

Tableau 10 : Détermination du coût de production d'un Kg de P poulet de chair

Rations	Quantité d'aliment distribuée en g	Prix de 1 Kg d'aliment en Fc (\$)	Coût de l'aliment distribué en Fc (\$)	Poids final de 1 poulet en g	Coût de production de 1 Kg de poulet en Fc (\$)
R ₁	3 240,39	339,72 (0,56 \$)	1 100,69 (1,81 \$)	1 263,99	870,80 (1,43 \$)
R ₂	3 072,96	335,72 (0,55 \$)	1 031,33 (1,70 \$)	1 294,83	796,49 (1,31 \$)
R ₃	3 220,47	326,72 (0,53 \$)	1 052,03 (1,73 \$)	1 313,74	800,79 (1,32 \$)

Note : 1 dollar américain (\$) équivaut à 606,5 franc congolais (Fc)

3.5 EFFET INATTENDU DU MORINGA SUR LA COLORATION DU POULET

Les poulets de chair nourris avec les rations R₂ (4% de *Moringa*) et R₃ (10% de *Moringa*) ont présenté un aspect morphologique différent de ceux alimentés avec la ration sans *Moringa* (R₁, ration témoin) par la coloration jaunâtre de leurs becs, pattes et des contours des yeux. La chair de ces poulets avait en outre une couleur rouge plus foncée.

Cette coloration serait due à la teneur élevée du *Moringa* en carotène (précurseur de la vitamine A). Les feuilles de *Moringa* contiendraient 4 fois plus de vitamine A que la carotte [1].

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Trois niveaux de foin de *Moringa*, à savoir 0%, 4% et 10%, ont été comparés dans les rations de poulets de chair pour évaluer leur efficacité sur la croissance.

Les résultats obtenus ont montré que l'addition de foin de *Moringa* à la dose de 0 à 10% à la place de tourteau palmiste n'a pas affecté la croissance des poulets de chair, ni la consommation alimentaire.

Sur le plan économique, la production d'un kilogramme de poulet de chair coûte relativement plus cher lorsqu'on utilise la ration contenant du tourteau palmiste que la ration contenant le foin de *Moringa*.

Ces résultats nous conduisent à conclure que les feuilles de *Moringa* représentent un ingrédient alimentaire de bonne valeur nutritive à incorporer dans la ration de volaille.

- La préparation de rations à base des feuilles de *Moringa* présente certaines difficultés notamment celle du manque des données sur la teneur en énergie métabolisable. Nous recommandons donc des études sur sa digestibilité chez les différentes espèces animales afin de mieux valoriser son utilisation.

- Des études couvrant toute la période d'élevage, de la croissance à l'abattage de poulets puissent être réalisées avec des rations à base de *Moringa* pour mieux évaluer la rentabilité de la substitution de tourteau palmiste par le foin de *Moringa*.
- Un essai sur l'influence du *Moringa* sur la ponte chez la poule pondeuse et sur la coloration du jaune d'œuf.
- Des doses de *Moringa* supérieures à 10% peuvent aussi être tentées pour évaluer la limite d'incorporation.

REFERENCES

- [1] ECHOS-CHRISTIAN CHURCH SERVICE, Apports en portions de *Moringa oleifera* Lam consommables, 2005. [En ligne] Available : <http://www.echonet.org.tropicalag/Moringa3.htm>, (02 novembre 2008).
- [2] BRES, P., LECLERCQ, B. et PAGOT, J., 1991, Manuel d'aviculture en zone tropicale, Collection manuel et précis d'élevage, Vol. 2. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (IEMVT), Paris, 186 p.
- [3] SAUVANT, D., PEREZ, J., M. et TRAN, G., 2004, Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux et poissons, 2^{ème} édition, éd. INRA, Paris, pp. 74-289.
- [4] FUGLIE L., J., 2002, Nutrition naturelle sous les tropiques, in L'arbre de vie, les multiples usages du *Moringa*, CTA-CWS, Dakar, pp. 105 et 106.
- [5] LECLERCQ, B., BLUM, J. C., SAUVEUR, B. et STEVENS, P., 1989, L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles, 2^{ème} édition, éd. INRA, Paris, 282 p.
- [6] KIATOKO, M., H., 2006, Cours de zootechnie générale, cours photocopié, 2^{ème} Graduat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Kinshasa, Inédit.

INFORMATISATION DE L'INSTITUT NATIONAL DE SECURITE SOCIALE : ANALYSE STRATEGIQUE DU CENTRE DE TRAITEMENT INFORMATIQUE

MALIBA MBUYA Firmin

Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the Democratic Republic of Congo, the information system of the Social Security is almost manual. The needs for management require a collection of documents and appropriate infrastructure of information and telecommunication technology capable of supplying to the person and various stakeholders of the social security of the relevant information and up to date. The present study has for objectives to propose a strategic transformation of the processing center of the information in a management information system by proposing the main priority axes of urbanization of the information system. At the end of our study we present high level architecture in phases with the orientations of the management of information system which would allow to return agile system and in measure to integrate the systems of the taxes offices and other institutions which manage workers. So are raised the function social security and fonctionnal cartography of the architecture of the information system of the social security

KEYWORDS: restructuration, strategy, urbanisation, information system, social security.

RÉSUMÉ: En république Démocratique du Congo, le système d'information de la sécurité sociale est quasi manuel. Les besoins de gestion exigent une base documentaire et des dispositifs communicationnels appropriés capable de fournir aux prestataires et aux différentes parties prenantes de la sécurité sociale des informations pertinentes et à jour. La présente étude a pour objectifs de proposer une transformation stratégique du centre de traitement de l'information en une direction de système d'information en proposant les principaux axes prioritaires d'urbanisation du système d'information. A l'issue de notre étude, nous présentons une architecture de haut niveau en phases avec les orientations de la direction de système d'information qui permettrait de rendre le système agile et en mesure d'intégrer les systèmes des impôts et autres institutions qui gèrent les travailleurs. Ainsi sont arborées la fonction sécurité sociale et une cartographie fonctionnelle de l'architecture du système d'information de la sécurité sociale.

MOTS-CLEFS: restructuration, stratégie, urbanisation, système d'information, sécurité sociale.

1 INTRODUCTION

La sécurité sociale est l'ensemble des textes légaux et réglementaires ainsi que l'organisme chargé de leur application qui ont pour objet, de prémunir les individus et leurs familles contre les risques sociaux.

Cette structure a pour rôle d'identifier les travailleurs, de recouvrer leurs cotisations et le cas échéant de redistribuer le revenu de façon à venir en aide aux personnes dans le besoin frappées par l'éventualité. En République Démocratique du Congo, RDC en sigle, c'est l'Institut National de Sécurité Sociale, INSS, en sigle qui en a le monopole sous la tutelle du Ministère de l'emploi et de la prévoyance sociale.

Dès la promulgation du décret-loi du 29 juin 1961, organique de la sécurité sociale, renseigne (Antoine WEMBI 1966, pp.163-191), la sécurité sociale est butée à plusieurs difficultés qui entravent sa gestion. C'est notamment la concentration de certaines opérations secondaires au siège central, les abus des autorités locales, l'insuffisance des moyens de

communications entre le siège central et les bureaux et agences sous sa dépendance, le décalage entre la promulgation du décret-loi et sa mise en application, l'absence des données administratives sur les prestataires et ayant droits, la suppression de la tenue de comptes individuels sur base desquels était fondée l'organisation des services de sécurité sociale installés à Bruxelles.

Dès lors, ces problèmes n'ont pas trouvés de solutions. Les principales conséquences de cette gestion héritée de la colonisation, ont considérablement impactés la gestion courante de la sécurité sociale en République Démocratique du Congo tant du point de vue de l'équilibre des branches, de la rentabilité que de l'efficacité des services rendues. Il est ainsi difficile de retrouver avec précisions les cotisations du travailleur sur sa carrière, ou de dresser simplement l'historique d'adresses ou de cotisations d'un employeur.

On peut cependant constater que plusieurs tentatives de résoudre ces problèmes n'ont pas aboutis notamment des essais d'informatisation. Les raisons sont multiples et commune à l'ensemble de l'administration publique. Aujourd'hui, la gestion du régime général de sécurité sociale est quasi-manuelle. Les informations sont le plus souvent consignées dans des documents papier. Cependant, des applications isolées et éparses existent au sein des directions centrales de l'Institut pour gérer la paie des travailleurs, pour conserver les informations sur les prestataires sociaux, pour la gestion comptable.

La principale problématique de notre recherche est de savoir comment l'Institut National de Sécurité Sociale peut structurer son système d'information pour le rendre compétitif afin d'assurer une couverture optimale sur l'ensemble des bénéficiaires à travers tout le territoire congolais.

Nos hypothèses tournent autour de trois points essentiels :

La transformation du centre de traitement informatique en une direction des services informatiques ; la définition de la stratégie informatique de l'INSS et l'urbanisation du système d'information et la mutualisation des services interinstitutionnelles.

2 METHODOLOGIE

Nous procédons par une analyse stratégique des objectifs et des besoins de l'INSS ; nous procédons ensuite par une analyse fonctionnelle et une cartographie générale du système d'information urbanisé de la fonction sécurité sociale. Nous nous servons du BPM, *Business Process Management*, du pattern le TOM, *Telecom operations maps*, des principes de l'urbanisation des systèmes d'information et du formalisme UML utilisés de manière itérative et incrémentale.

3 RESTRUCTURER LE CENTRE DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

L'Institut National de Sécurité Sociale compte actuellement des directions centrales, 5 directions urbaines, 26 directions provinciales, des bureaux de districts, des antennes et des centres de perception et 2 guichets uniques.

Le Centre de Traitement de l'Information, CTI en sigle est un Service décentralisé rattaché au Secrétariat du Directeur Général. Sa structure actuelle qui remonte à sa création en 1974, nécessite d'être adaptée et devenir une Direction des Systèmes d'Information en sigle DSI.

En effet, la DSI a pour rôle de décliner la stratégie de l'entreprise au plan informatique. Après avoir analysé plusieurs entreprises l'étude de (Weill et Broadbent 1998) conclut que les bonnes décisions sur les systèmes d'information reposent sur une excellente appréhension du contexte stratégique qui doit être articulée et partagée dans l'entreprise afin de mettre en évidence la relation entre la stratégie à long terme et la capacité de l'infrastructure. Cela aura pour conséquence immédiate, la réalisation d'un tableau de bord structuré, contenant des indicateurs variés sur l'adéquation des systèmes aux besoins de l'Institut, la qualité de service, la capacité de maintenance des systèmes, l'historique des investissements informatiques afin de piloter la gestion et le changement au sein de l'INSS.

La DSI sera chargé de gérer les données, les logiciels CRM et ERP, les télécommunications, les réseaux (LAN, MAN et WAN), l'Intranet et l'Extranet, l'Internet, la Téléphonie Voice IP, la Bureautique, la sécurité et l'Archivage Electronique de l'INSS.

Les administrations de sécurité sociale recourent de plus en plus à des solutions TIC pour fournir des nouveaux services et répondre aux besoins de leurs parties prenantes en améliorant la qualité de leurs prestations et l'efficacité de leurs principaux processus. (AISS 2015). Au regard de la mission régalienne de la sécurité sociale et singulièrement celle de l'INSS, qui est de gérer le régime général de sécurité sociale en RDC (JO-RDC 1961), la DSI devra se fixer les objectifs stratégiques ci-après :

- Unifier le système d'information, rendre transversal par rapport à toutes les parties prenantes tant locales, nationales qu'internationales et assouplir les formalités d'affiliation ou d'immatriculation, de déclarations, de versement, de contrôle et de recouvrement des cotisations sociales;
- Rendre l'accès facile et en temps réel au compte courant employeur et travailleur ;
- Mettre en place des états synthèses et des statistiques afin de quantifier et de mesurer la performance de chaque centre de gestion pour permettre la mise en place des plans d'actions et améliorer l'ensemble ;
- Editer en toute facilité les documents de valeur et de service; l'efficacité et l'efficacéité du en termes de réponses aux spécifications du parc applicatif est de mise ;
- Gérer le mouvement du personnel actif et passif pour maîtriser les charges sociales ;
- Accéder à la supervision sur toute l'étendue du territoire national ; offrir une disponibilité totale aux utilisateurs. Il est important de mettre en place des astreintes afin que les utilisateurs puissent accéder au système à tout instant par le web, ce qui comprend à la fois l'accès distant aux ressources de l'Institut et réelle administration par le web. Assurer le bon fonctionnement, l'authenticité, l'intégrité, la conformité, la disponibilité, la traçabilité des opérations techniques, financières et administratives du système d'information de l'INSS.

A l'aide du diagramme de poisson, nous modélisons les objectifs cibles de la DSI de l'Institut National de Sécurité Sociale pour favoriser une optimale informatisation des fonctions qui en découlent.

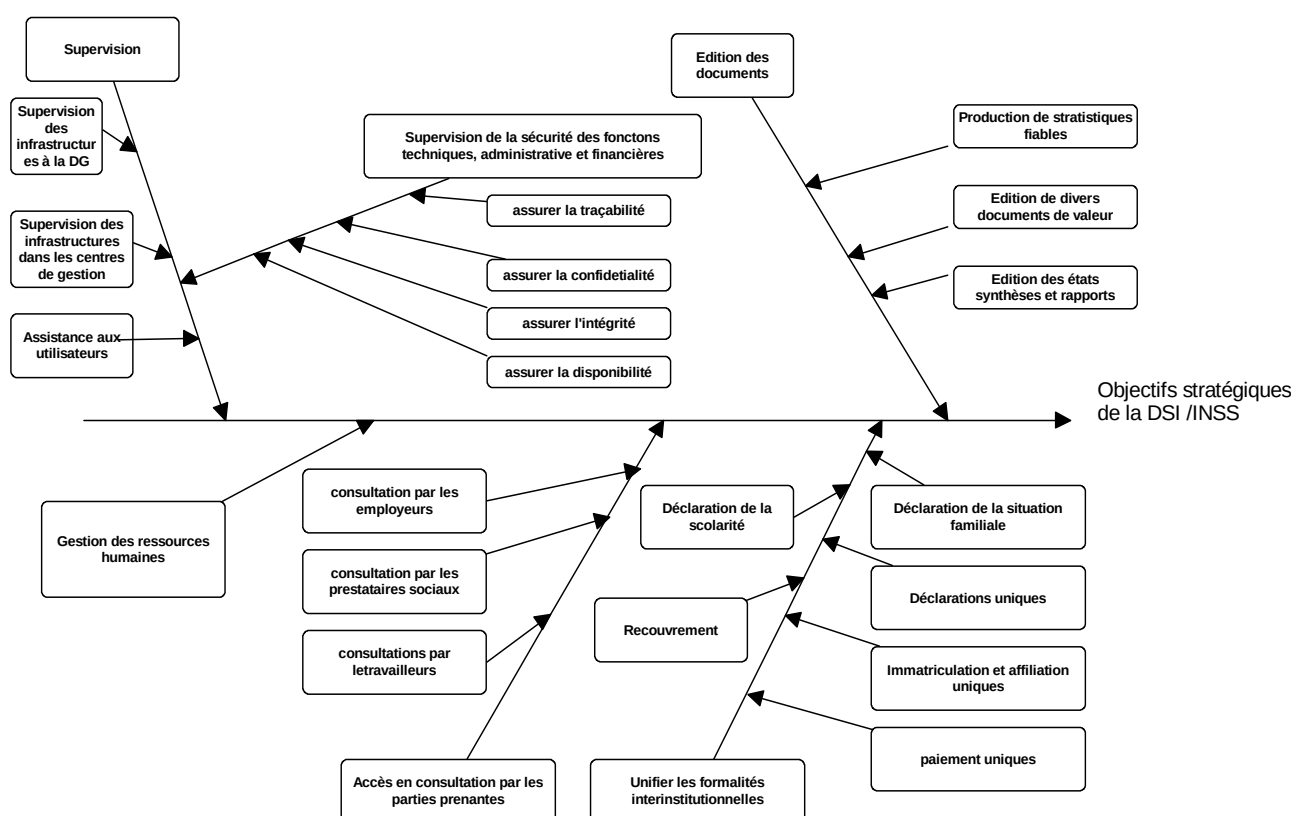


Figure 1 : Modélisation des objectifs cibles de la DSI

Source : notre étude

Il est donc essentiel que la sécurité sociale se dote de règles de gouvernance des données, intégrant des dimensions techniques, fonctionnelles, métiers et organisationnelles et les applique progressivement dans l'ensemble de son système d'information.

4 ANALYSE STRATEGIQUE

L'indicateur est un élément ou un ensemble d'éléments d'informations contextualisée et significative se rapportant à une préoccupation de mesure tel qu'un objectif à atteindre (Deschênes 2011), une préoccupation de gestion à suivre ou résultant de la collecte de données sur un état ou sur une manifestation observable d'un phénomène.

Les critères essentiels pour un indicateur sont la pertinence attachée à la gestion, cohérent à travers les secteurs; la qualité qui renvoi à la précision de la définition, à la mesure, aux paramètres et à la rigueur dans l'interprétation ; la convivialité qui assure la facilité d'utilisation, la visualisation, la compréhension et l'interprétation contextuelle ; la faisabilité qui renvoi à la localisation, la disponibilité, le coût des données et la responsabilité de les produire et de les fournir.

Il faut donc les exprimer en termes de quantité, de qualité, de coût et de temps (Deschênes 2011). Les indicateurs sont donc les outils de mesure pour les objectifs. La planification stratégique doit donc s'attarder aux effets recherchés. Ainsi, identifier des indicateurs consistera à faire une analyse de besoins afin d'identifier la bonne information ensuite de l'organiser afin qu'elle soit mieux présentée. Cela permet de centrer la gestion sur le résultat (d'Auteuil et Bonneau 2003).

Le qui et le quoi constituent le plan stratégique et le comment est la stratégie alors que les objectifs sont souvent formulés dans une perspective d'actions ou de moyens et non dans une perspective de résultats d'effets. L'étude stratégique (CIGREF 2008) fournit des réponses sur :

- Le périmètre, en recherchant les processus réitérés à fort impact et nécessitant une traçabilité ;
- Le modèle économique, afin de justifier la solution avec le business case qu'elle est censé couvrir, en définissant les cas métiers et de déduire les processus à mettre en œuvre pour anticiper la réorganisation
- Le planning prévisionnel, à partir du premier état des lieux sur la couverture des solutions et des systèmes existants, croisé avec la modélisation du besoin en termes de processus, de criticité et de spécificité, un premier planning d'évolution fonctionnelle est défini, une trajectoire tracée et des grands jalons fixés.

Tableau 1 : La planification stratégique de la DSI

Planification stratégique		
Objectifs stratégiques	Cibles chiffrée	Indicateurs d'effets
Augmenter le taux de disponibilité des services informatiques	24h/24	Taux de disponibilité
Diminuer le temps de réponse pour l'obtention des divers documents et rapports statistiques	24h	Temps de réponse
Assouplir les formalités de déclaration, de paiement et de recouvrement	Bonne	Qualité de service rendu
Créer une base documentaire pérenne prestataires, employeurs et travailleurs	100% des effectifs	Effectif des employeurs, travailleurs et des prestataires
Gérer les ressources humaines	80% d'utilisateurs	Taux d'accès au TIC
Mise en œuvre stratégique		
Fonctions critiques initiatives stratégiques	Cibles chiffrées	Indicateurs de résultats et d'avancement des initiatives
Création des plateformes mutualisées et interinstitutionnelles de déclaration de naissance, de décès, d'immatriculation de travailleurs, d'affiliation d'employeurs, contrôle, de recouvrement et de versement de cotisations sociales.	5 plateformes	Nombre
Tenue du compte individuel employeur, travailleur et prestataires sociaux	100%	effectifs employeurs, travailleurs et prestataires sociaux

Sources : nous-mêmes

5 PARADIGMES URBANISTIQUES ET CONTEXTUALISATION

L'urbanisation des systèmes d'information consiste à définir des objets informationnels constitués de données, traitements et de communications et à les organiser en activités, produits et métiers (Avignon, Gilles Laborderie et Pezziardi 2002). Il résulte une organisation de l'information en processus métier, produit, activité et application.

L'urbanisation traduit donc une démarche de transformation du système d'information, une dynamique de travail progressif nécessaire pour faire évoluer le système d'information vers une cible correctement urbanisée.

Elle préconise une décomposition verticale en 5 niveaux : la stratégie qui contient les objectifs ; les métiers qui comprennent les processus ; l'architecture fonctionnelle qui comprend les traitements d'informations appelées fonctions ; l'architecture applicative qui comprend les outils applicatifs appelés applications et le socle technique comprenant les infrastructures et les plates formes.

Elle traduit ainsi les vues sur le système d'information : la vue métier, celle des processus métier qui contribuent à la stratégie de l'entreprise ; la vue fonctionnelle, offrant le cadre de structuration cible des informations et des traitements nécessaires aux processus métiers ; la vue informatique recouvrant les applications qui automatisent les fonctions et la vue technique relative à l'infrastructure technique permettant l'exploitation des applications.

Aussi, une démarche d'urbanisation du système d'information commencera par l'identification des informations, quelles que soient leur forme, dont la confidentialité doit être préservée, en raison des avantages que leur divulgation procurerait aux partenaires et des exigences légales et réglementaires encadrant ces informations. Ainsi, l'information à sécuriser est classifiée suivant le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Niveau de protection de l'information

Niveau	1 : diffusion contrôlée	2 : confidentiel	3 : Secret
Préjudice potentiel	Préjudice faible, perturbations ponctuelles	Préjudice grave, séquelles compromettant l'action à court et moyen terme	Préjudice inacceptable Séquelles très graves et durables
Risques tolérés	Des risques sont pris en connaissance de cause	Des risques très limités peuvent être pris	Aucun risque même résiduel n'est acceptable
Protection	La fréquence et le coût du préjudice potentiel déterminent les mesures prises	Prise en compte de la notion de probabilité d'occurrence	Recherche d'une protection maximale

Source : notre étude

Plusieurs organismes de sécurité sociale à travers le monde ont travaillées à la définition d'un cadre global de diagnostic stratégique et de hiérarchisation des domaines d'action et des moyens et solutions à apporter qu'on appelle le *Social Security Strategic Capability Framework*.

Ces expériences ont conduit les organismes de protection sociale à se fixer 5 objectifs principaux. Il s'agit de placer la personne au centre des préoccupations ; améliorer les réponses et résultats pour la personne bénéficiaire ; mieux cibler les services proposés (adéquation aux besoins réels) ; intégrer les acteurs de la prestation de services (concepteur, donneur d'ordre, fournisseur, prestataire, tiers, contrôleur) ; gagner en efficacité globale.

Les disfonctionnement héritées à l'indépendance pénalisent la gestion de l'INSS. Le système d'information est bien souvent le support de solutions standardisées qui permettent d'harmoniser les bonnes pratiques aux meilleurs coûts. L'enjeu de l'efficacité est de permettre à chacun d'accéder à un niveau élevé de performance.

Ce qui passe nécessairement par la gouvernance des données et des services transverses pour la gestion des partenaires sociaux que sont les travailleurs, employeurs, bénéficiaires, institutions. Il s'agit d'un alignement fiable et rapide des systèmes d'information pour simplifier les démarches et lutter contre la fraude.

Les Systèmes d'information des administrations ou établissements publics ont été construits de manière indépendante et sans concertation, alors que de nombreuses informations sont échangées et manipulées par et entre ces différents acteurs. Il est ainsi fréquent de rencontrer la même information (raisons sociale, employeur, contribuable, entreprise, travailleur, agent, structure, adresse, etc.) plusieurs fois dans le SI des administrations et ou encore quand on analyse l'ensemble du SI de l'État. Ces données ont des structures techniques souvent différentes, alors que leur sémantique est identique ou proche, et que bien souvent l'origine de la donnée est la même.

La matérialisation du guichet unique en application des dispositions de l'Arrêté interministériel n° 20/CAB/VPM/ETPS/WM/2015 et n° CAB/MIN/FINANCES/2015/0143 du 12 mai 2015 (JO-RDC 2015) portant institution de la déclaration et du paiement uniques des impôts, cotisations sociales et contributions patronales sur les rémunérations, devrait être soutenu par trois cadre notamment le cadre stratégique commun du SI de l'Etat qui définirait les orientations stratégiques de transformation du SI de l'Etat (DISIC 2013), le cadre commun d'urbanisation des SI de l'Etat, définit qui définit les principes et la démarche d'urbanisation et le cadre commun d'architecture des référentiels de données.

6 URBANISATION DE LA FONCTION SECURITE SOCIALE

Pour augmenter l'agilité et la réactivité de la fonction sécurité sociale, nous l'avons agrégé en cible et précisé des règles en déterminant la trajectoire à suivre.

L'interopérabilité et la sécurité des échanges permettrait un passage de relais sécurité, la convergence des SI, pallierait à la dispersion des systèmes d'information ; des services mutualisés par la création des services d'échanges, l'extension de portail et la création des plateformes de mutualisation et enfin, le contrôle et la lutte contre la fraude notamment les modalités communes d'identification, les référentiels de signalement, des bases de données statistiques.

6.1 NIVEAU D'URBANISATION DU SYSTEME D'INFORMATION

Le système d'information de la sécurité sociale est certes complètement structuré avec des règles et instructions bien formalisées. Cependant une urbanisation s'impose. Les trois fonctions principales en feront l'objet. Les données existantes sont essentielles. D'où la nécessité de réutiliser la vue fonctionnelle.

Tableau 3 : Niveau d'urbanisation de la fonction sécurité sociale

Fonction	Vue métier	Vue fonctionnelle	Vue applicative	Vue technique
Fonction technique de la sécurité sociale	Cible	Réutilisable		
Fonction administrative de la sécurité sociale	Cible	Réutilisable		
Fonction financière de la sécurité sociale	Cible	Réutilisable		

Source : notre étude

6.2 FONCTION SECURITE SOCIALE

Ainsi, la fonction sécurité sociale (JO-RDC 1961), (JO-RDC 2012) (JO-RDC 2015) se désagrège en quatre fonctions :

6.2.1 FONCTION TECHNIQUE DE LA SECURITE SOCIALE

Elle comprend les fonctionnalités ci-après :

- Gestion des Employeurs (Affiliation, tenue des comptes courants, mise à jour) ;
- Gestion des Travailleurs (Immatriculation, tenue des comptes individuels, mise à jour) ;
- Gestion du contrôle et du recouvrement ;
- Gestion du guichet unique de déclarations ;
- Gestion des branches de sécurité sociale qui comprend :
 - o Gestion des pensions (Gestion de la pension de retraite ; Gestion de la pension d'invalidité ; Gestion la pension de survivants ; Gestion de l'allocation unique ; Gestion de l'allocation unique de veuve ; Gestion de l'allocation unique d'orphelins ;
 - o Gestion des risques professionnels (Gestion des maladies professionnelles ; Gestion des accidents du travail ; Gestion des indemnités temporaires de travail;

- o Gestion des prestations aux familles (gestion des allocations familiales) ;
- o Gestion des allocations funéraires (Gestion de l'allocation de décès) ;
- o Gestion des soins médicaux octroyés aux prestataires sociaux ;
- o Gestion de l'assurance volontaire ;
- Gestion de la Paie des Prestataires Sociaux ;
- Analyse Prévisionnelle ;
- Statistiques.

6.2.2 FONCTION ADMINISTRATIVE DE LA SECURITE SOCIALE

Elle regroupe les fonctionnalités suivantes :

- La gestion des ressources humaines et la gestion de la paie (paiement des rémunérations, gestion de la carrière : recrutement, position, promotion, cotation, dossier disciplinaire et gestion des personnes à charge des agents) ;
- Gestion des Stocks (contrôle des consommations, gestion de nomenclature, inventaire du parc automobile, amortissement de l'immobilisé, inventaire du matériel du bureau,
- Tableau de bord du gestionnaire ;

6.2.3 FONCTION GESTION DE L'ACTION SANITAIRE ET SOCIALE

Elle regroupe les fonctionnalités suivantes :

- La gestion des produits pharmaceutiques,
- la gestion des centres médicaux sociaux,
- la gestion des soins aux prestataires sociaux ;
- la gestion soins médicaux aux agents.

6.2.4 FONCTION FINANCIERE DE LA SECURITE SOCIALE:

Elle comprend :

- La gestion des investissements ;
- La Comptabilité Générale ;
- Comptabilité Budgétaire ;
- Comptabilité Analytique.

7 CARTOGRAPHIE DE L'ARCHITECTURE FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'INFORMATION DE LA SECURITE SOCIALE

La cartographie est un outil au service de l'urbanisation qui vise à présenter la structure du système d'information (Avignon, Gilles Laborderie et Pezziardi 2002). Elle s'intègre dans la démarche qui consiste à rendre le système d'information plus apte à servir la stratégie de l'entreprise et à anticiper les changements dans l'environnement de l'entreprise.

L'architecture globale devra être capable d'offrir une solution complète qui intègre le suivi de la qualité de services, un référentiel de mesure de performance et une mutualisation des services pour soutenir le partage d'informations inter-institutions. Le plan de continuité de l'activité comprend le plan de continuité des opérations et le plan de continuité informatique. Le processus d'élaboration du plan de continuité passe par la définition des activités essentielles d'identification des composantes et la définition des modes opératoires.

En y ajoutant le pilotage du système d'information et de la sécurité la cartographie de l'architecture fonctionnelle du système d'information de la sécurité sociale suivant le BPM *Business Process Management* se présente de la manière suivante :

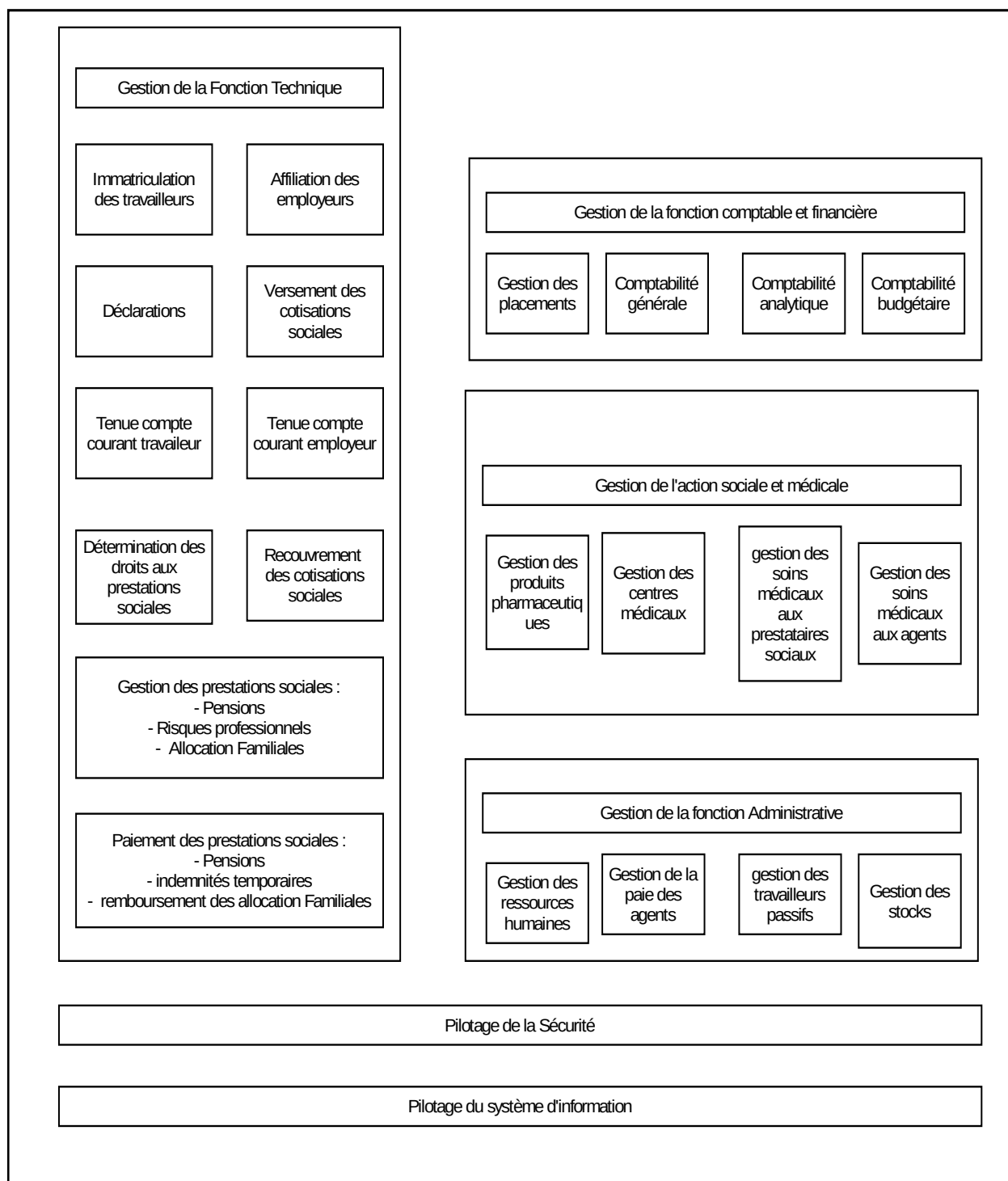


Figure 2 : Architecture fonctionnelle cible

Source : notre étude

8 CONCLUSION

La sécurité sociale est un droit inaliénable de la personne humaine. C'est pour cela que chaque citoyen a le droit d'en bénéficier et le devoir de participation à travers le travail qu'il fournit à la société. Sur ce, l'Institution en charge de la sécurité sociale a la lourde charge de mettre en place des structures qui permettraient à chaque prestataire social d'avoir en temps réel et avec exactitude ses débits et crédits de sécurité sociale. Pour entrevoir ce type de système, il est nécessaire de réviser les objectifs légaux et la relations avec les parties prenantes (LAUDON, et al. 2013) parce que ces changements multidimensionnels touchent les aspects sociaux, organisationnels et techniques. C'est dans ce cadre que nous avons défini la stratégie informatique et proposé une spécification de haut niveau d'abstraction qui permettrait de cerner les différentes interactions entre l'INSS, les divers parties prenantes en RDC qui participent soit activement soit passivement à la gestion de la sécurité sociale afin d'entrevoir une structure orientée vers ces derniers.

REFERENCES

- [1] AISS. «Perspective en politique sociale 23 : Les technologies de l'information et de la communication au service d'une sécurité sociale novatrice.» Édité par Association Internationale de la Sécurité Sociale AISS. *Les essentiels de la sécurité sociale* (Association Internationale de la Sécurité Sociale), n° 23 (2015): 1- 5.
- [2] Antoine WEMBI. *La Sécurité Sociale au Congo : Origines, possibilités et difficultés de gestion*. Léopoldville (Kinshasa) - Paris: Editions Nauwelaerts, Louvain, 1966.
- [3] Avignon, Laurent, Rémy Mathieu-Daudé Gilles Laborderie, et Pierre Pezziardi. *Architecture des Systèmes d'information*. Livre Blanc, Paris: Octo-Technology, 2002.
- [4] CIGREF. «Pilotage de la stratégie du SI, quelques bonnes pratiques d'exécution du plan stratégique du SI.» Club informatique des grandes entreprises françaises. 2008.
http://cigref.typepad.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2008/pilotage_strategie_si/Pilotage_strategie_SI_2008.pdf.
- [5] d'Auteuil, Chantal, et Claude Bonneau. *Guide sur les indicateurs*. Québec: Secrétariat du Conseil du trésor, sous secrétariat de la modernisation de la gestion publique, 2003.
- [6] Deschênes, Marie-Susan. *Indicateurs stratégiques pour une gestion axée sur les résultats*. Québec: Université du Québec, Ecole Nationale de l'Administration Publique, 2011.
- [7] DISIC. *Cadre commun d'architecture des référentiels de données*. Officiel, Paris: Direction interministérielle des Systèmes d'information et de communication, 2013.
- [8] JO-RDC. «Arrêté interministériel n° 20/CAB/VPM/ETPS/ WM/2015 et n° CAB/MIN/FINANCES/2015/0143 du 12 mai 2015.» *Journal officiel de la République Démocratique du Congo* (Journal officiel de la République Démocratique du Congo), 05 2015: 1-18.
- [9] JO-RDC. «Arrêté Ministériel n°049/CAB/MIN/ETPS/MBL/2012 du 12 décembre 2012 relatif à l'affiliation des employeurs, à l'immatriculation des travailleurs ainsi qu'aux modalités et conditions de versement des cotisations de la sécurité sociale.» *Journal Officiel de la République Démocratique du Congo* (Journal Officiel de la République Démocratique du Congo), 12 2012: 1-4.
- [10] JO-RDC. «Décret loi du 29 juin 1961, organique de la sécurité sociale.» *Journal officiel de la République Démocratique du Congo*, 1961.
- [11] LAUDON, Kenneth, Jane Laudon, Eric Fimbel, Serge Costa, et Sofie Canevet-Lehoux. *Management des Systèmes d'information*. Paris: Pearson - Nouveaux Horizons, 2013.
- [12] Weill, Peter, et Marianne Broadbent. *Leveraging the New Infrastructure: How Market Leaders Capitalize on Information Technology*. Harvard USA: Harvard Business School Press, 1998.

Arabic Calligraphy and New Technologies for a Different Approach to Craft and Mass Production

Reham Mohsen¹ and Andreas Sicklinger²

¹Decoration Department,
Helwan University, Faculty of Applied Arts,
Cairo, Giza, Egypt

²Product Design Department,
German University in Cairo, Faculty of Applied Sciences and Arts,
Cairo, Cairo, Egypt

Copyright © 2016 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: Arabic Calligraphy is one of the main artistic features which belong to the identity of the region. While the calligraphy crafts are widely spread recently in the Arab world markets, they belong still into the field of handmade craftsmanship. The developing of mass production of Arabic Calligraphy design will enhance and support the revival of Islamic Art Identity. Only to a limited extend and certain applications the Calligraphy has been introduced to product design: in limited editions or as application on surfaces. Furthermore, the combination product form and letter form is very often limited to the adaptation of existing "calligraphic patterns". Many of the possible mass production technologies are not used, because of financial obstacles or professional needed experiences. Additional to this, as the development process of the design goes from the designer to crafts technicians, the final product is often not alike the original design. For the aesthetics and value of Calligraphy the matching of original and copy need to be completely overlapping. What are the concerns and preparations to guarantee a high quality final product similar to the original design? This study wants to analyse the production techniques that allow designers to apply the Arabic Calligraphy in mass production that can be successfully marketed and still keep the taste and value of the original design. Additionally, it is concerned about the materials in the local market, which provides economic prices of the final product, and using them on mass production technologies.

KEYWORDS: Islamic Art Identity, Laser Cutting, CNC Machines, Craft Products, Calligraphic Patterns

1 INTRODUCTION

The importance of writing is much wider in the Arabic world than in other cultures due to the central role of the God's message delivered through the prophet's tradition. It has conserved through centuries an entire language, the Arabic language, from major changes, being at the center of the religious and ethical education as an intangible support and tool to the populations. In the Qur'an, we can find the importance of the word on one side as a deliverer of knowledge and on the other side the "calamus" as a tool of distribution of the message.



Fig. 1. From The Noble Qur'an – Surah Al-Alaq

Fig. 1 shows The Noble Qur'an Surah 96 Al-'Alaq:

- 1- Read! In the Name of your Lord Who has created (all the exists).
- 2-He has created man from a clot (a piece of thick coagulated blood).
- 3- Read! And your Lord is the Most Generous.
- 4- Who has taught (the writing) by the pen.
- 5- He has taught man that which he knew not. (Surah 96 Al-'Alaq) [1].

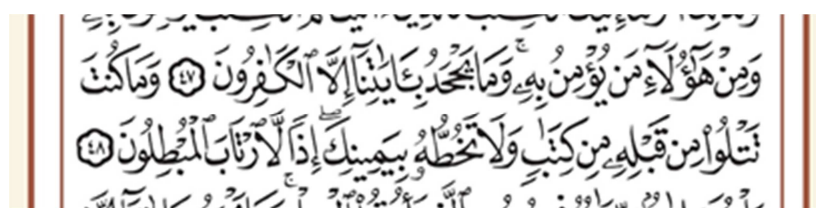


Fig. 2. From from The Noble Qur'an – Surah Al-Ankabut

Fig. 2 shows The Noble Qur'an Surah 29 Al-Ankabu:

48- Neither did you (O Muhammad) read any book before it (this Qur'an), nor did you write any book (whatsoever) with your right hand. In that case, indeed, the followers of falsehood might have doubted.[2]

2 USE OF ARABIC CALLIGRAPHY IN DESIGN (BACKGROUND)

- Till today, the "calamus" Fig. 3 is the best tool to venerate the elegance of Arabic writing through calligraphy. Later than in other parts like in Europe or Asia, printing technologies have been introduced to produce exact copies of the Divine text. Until seventieth century it was tradition to copy the book by hand, for which a good writer needed 4 months [3] . The risk of copying by hand each sample of the book lied obviously in the small mistakes which could occur among the approximately 500 pages of texts, but only starting from 19th century there is a diffused practice of printed books, where from 1924 there is considered the Egyptian print as standard throughout the Islamic world.
- Starting from here, there is a culture of the book which is among the most important one, and a love for the writing which raised the Islamic calligraphy to finest art, superior almost to painting; an art which one can appreciate fully if intended as music, and which has like Music rules of composition, rhythm and harmony for the expert's eye and his passion for aesthetics.[4]



Fig. 3. From The Noble Qur'an – Surah Al-Ankabut.

Fig. 3 shows the "calamus", tool of writing calligraphy

- Therefore the art of writing in the traditional way, extended to a real art form as Calligraphy, has reached our days with no major alterations. In many hands (styles) and under many forms calligraphic copies and delivers messages and texts on many supports, from paper and textiles to architectural surfaces and objects and remain so far a vivid art in the Islamic world, carrying the traditional values of the societies. Inscriptions are not an Islamic invention, but in the Muslim world they are
- *present in all periods, on virtually all kinds of objects, regardless of value, function or material: from eating and drinking vessels to jeweler, carpets and textiles etc. The Arabic letter was painted, moulded, engraved, woven, embroidered, carved, incised. Calligraphy was even rendered on the leaves of trees in Ottoman Turkey[5]*
- The details of the single letters, the spacing and the overall composition create a melody through the hand of the artist: while in other art forms like painting, which rarely can be reproduced in such a way that the original taste of beauty and aesthetics can be conserved, Arabic calligraphy is based on strict rules where the variations make the excellence of the art work. Here lies then the aspect which is common to the general "uniqueness" of art pieces, which we are capable to understand from exhibited pieces in museums or art galleries. The cultural importance of Calligraphy art has in the Islam sure highest social value, giving aesthetical taste and information at the same time. Instead of a symbolic meaning of forms and objects, the Calligraphy creates through the composition of its signs a more precise and defined aesthetics which can be handled as ornament and transportation of information at the same time. See Also[6] . This appears still more at a higher level by understanding the Muslims mentality to relate things not only to the human eyes but also for the Creator from whom it derives and to whom it returns [7] . The meaning of beauty acquires a different importance in such a context. Fig. 4.



Fig. 4. From The Noble Qur'an – Surah Al-Ankabut.

Fig.4 shows Arabic Calligraphy on an Islamic Architecture

- However, used materials for creating objects to be decorated are very different and not related to costly or inexpensive materials in past:
- *The artist's interaction with a particular material does not seem to have been dictated by its monetary value: the significance or meaning of material was not only defined by its value[8] .*

Therefore today, applications of Calligraphy do not seem "out of place" on different kind of materials, and it seems highly acceptable to introduce innovative reproduction technologies for creating a platform of a new aesthetical feeling in a less educated environment.

3 THE CASE STUDY

3.1 REPRODUCTION OF ART PIECES

- Already with the invention of the photography and its use as an art form, the artist's or craftsmen's hand has been substituted by a machine, which is guided only by the perception of the eyes. As Walter Benjamin states in his book "Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit", there is missing the status "*hic et nunc*" ("here and now" in sense of the environmental context of the art work), if the art work has been reproduced. The environmental and historical context of the creation and placing of an art work covers a fundamental role for most of the cases: from a cultural, self-expressive into a ritual character. The context of realization creates the importance of the art work, and lead to its value for man. This means clearly, that there is an important social component in the creation and existence of art pieces, which rarely is considered: people admire art for its symbolic or aesthetical origin inside the place it has been generated.
- A different and new role play museums, which are however built to venerate the art work as unique pieces of human expression.
- While in visual art, like sculpture and painting, the historical and social context changes the sensorial perception of art in society [9] , in Calligraphy the perception remains unaltered as long as the content of the signs remain understood. What could change is the aesthetical perception through different ways of communication. However, while changing taste, there are also the defused phenomena of acquiring reproduced art works probably as a sign of intellectual and social belonging, and as a new trend of creating personal collections.
- Looking at new forms of arts, like photography, the discussion of "original" becomes useless. There is no first print of a digital photo, and all copies have same artistic value. While in former times art has been identified by the excellence of the work, creating a name to the craftsman as a master in his "*bottega*" (and making out of him a notorious artist), today there is a new way of creating the value of the art piece: by promoting the designer, artist or actor through marketing the person. This leads to the loss of quality.
- While the personalities become famous, their art starts to be more and more commercial with less aesthetical value. The "exposing" of the art piece is more important than the artistic component itself: Fig. 5
- *(...) today, through the absolute weight of exposing, the art piece has been transformed in a work with completely different functions, where the one we know, the artistic component, starts to become the less important one.*



Fig. 5. stamps prints of one design of Arabic Calligraphy

Fig. 5 shows stamps prints of one design of Arabic Calligraphy

- The role, that Calligraphy covers in the Islamic world relating to cultural and aesthetical self-understanding, cannot be underestimated. Long before of the mass reproducibility of photography, the structure of the Calligraphy work made it possible to be reproduced on different supports, surfaces and objects by composing it each time in a new way. However, for many, the working techniques, among them of course the one creating high valued Calligraphy compositions, occupy an inconvenient place. As Richard Sennett states
- *Techniques have a bad reputation. They seem without soul. But those whose hands reach a high specialization see this different. For them the technique is always strongly connected to "expressivity". (...) As Kant observed two hundred years ago: "the hand is the window of the mind"*[10].
- This paper wants to show the possibility of maintaining the artistic quality of the original Calligraphy composition after the realization of a digitalized matrix. This can be achieved by keeping the aesthetical value of the reproduced signs into digitalized forms by the hands of the same artist. His own sensitive expertise conducts the creation of the digital file by maintaining the scent of originality. Having digitalized files of the Calligraphy, it is possible to use new production techniques, which make possible to produce exact copies or create small variation on products. The aim is to keep vivid the art of Calligraphy throughout affordable products, without sliding into a computerized standard of Calligraphy letters that can be simply composed on any keyboard.

3.2 THE HUMAN TOUCH IN DIGITALIZED DESIGN

- The human factors in design connect the human senses of the user and apply the function of the product. Fulfilling the human senses and giving information to the user gives more value to the product, especially the product of art and applied design.
- The historical products of Arabic calligraphy always had this human factor of design, because they were hand made products mainly, even if it was a part of a mass production, the mass production technology needed human hand in many parts of it, and it differently gave a certain taste to the product. Like also the copies of the scripts had a special taste different that the modern mass production printing technologies:
 - *The written word inscribes the estranged, ephemeral symbolism of the separated being, whose double nature Arabic calligraphy expresses. It would be rash that materials neither retain their form nor influence its expression, but they certainly cannot turn aside the extractive, expressive impulse. (description of: the word "woman" - lithograph from an Arabic Qur'an with Urdu translation, probably transcribed in the middle of the nineteenth century)* [11]
- Today, the using of innovative techniques of production, like 3D printing, gives no chance for any human affect to show up on the final product. But, if the designer of the whole process realizes this value, and chooses to keep some of the human effects on the computerized design (prepared for the 3D printing) then the product would be so called "artistic product" or "applied art" product, not really "artificial"

- The artist of calligraphy is using materials like the ink and the "Ecoline" colors on papers of different kinds, these materials are semi-transparent. And so, various unpredictable aesthetic affects occur on the papers out of using the materials and the tools. Fig. 6. These aesthetic affects enrich the value of the design.



Fig. 6. A detail of the piece of art work by Reham Mohsen

Fig.6 shows a detail of the piece of art work by Reham Mohsen

3.3 MATERIAL AND METHODS

- The example shown here is a co-operation in design and a final product of "Rania Hilal"; jewelry designer. The order was to design calligraphy in a certain geometric shape, but the artist/calligrapher was trying to create "free of shape" forms of calligraphy in the very beginning steps of sketching to find the artistic best taste in the design before getting limitations from the order of the co-designer and producer of the product.
- In order to prepare the art work for a production procedure, the artist of the calligraphy changes his "creative mood" of an artist, to a "thinking mood" of a designer. Now the art work that has all the free hand sensations and the human touch and many mixed up colors with layers of transparency, all this need to go to a different stage of editing to prepare for a production procedure.
- Another form of calligraphy before using the computer can be called a sketch of the design, these reductions of artistic elements like colors, tones, textures.
- To computerize the design, higher reduction of details need to happen to the original drawing. Also a reduction of colors or tones of one color to few numbers of tones will match the possibilities of printing or engraving or other techniques of production. In brief, general reduction of the artistic characteristics of the art piece must be done to modify it into an applicable design. Fig. 7. & 8.



Fig.7 - 8. The First steps of Sketching.

Fig.7 & 8 show the first steps of sketching for the product order.

Fig.7 represents an artist style of designing by colors and free lines,

Fig.8 represents more limited lines in colors and tones and variations.

- Furthermore, each kind of production technique requires certain "design style" as preparation to obtain successful achievement of production.
- In some cases, the art work is changed into a different form to make a successful design Fig. 9. The art work remains as the base inspiration of the design, as an intermediate step like a design sketch. Being an art piece or a design sketch can be evaluated or decided later by the artist, but in any case the idea of being applicable as a design remains clear.



Fig.9. The first artistic trials

Fig. 9 shows one of the first artistic trials to sketch for the final design that was changed totally to match the requirement of size and form of calligraphy needed for the design.

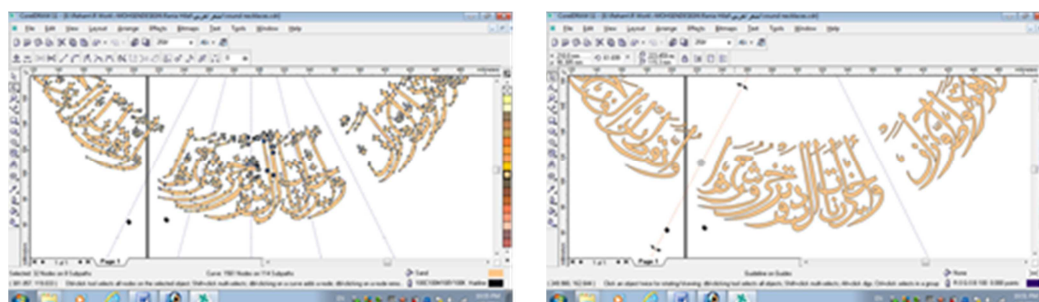


Fig.10. & 11. steps of simplification in design

Fig.10 and 11 show steps of simplification of the lines of calligraphy while digitally tracing the design on the computer to allow accurate production.

- On later steps the designer takes the role of tracing the art piece on the computer, and this is changing the art style into a design style of form; as the calligraphy design now starts to be characterized by the outline only, and not any more the colors, tones, or textures on the paper. Fig. 10. & 11.
- The final stage of design before the production includes the designer comparing and choosing of what to keep as the free hand and what to change to an accurate geometrical form on the computer to determine a certain level of human touch in the design. And the designer is re-choosing these parts in a new way in each new design according to the new design form, and to keep the final product vivid and artistic Fig. 12. & 13. Here the designer prefers to leave the dot on the top in a no accurate square, but as free lines as how it was in hand made sketching of the design. The Arabic calligraphy designs that are made of ready digital fonts on the computers lack of this value of human factor in design.

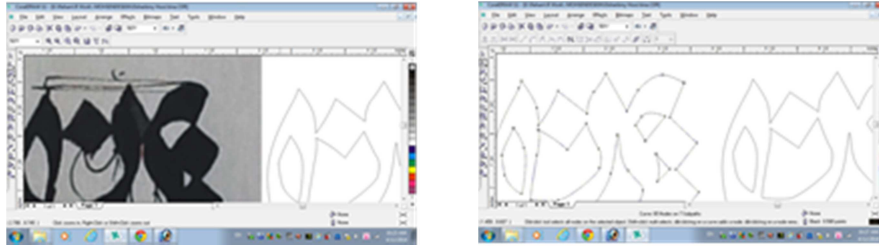


Fig.12 & 13 show the designer choices in design

Fig.12 & 13 show the designer choices of what to keep as the free hand and what to change to an accurate geometrical form on the computer.

3.4 RESULTS

- The final product keeps both artistic taste of calligraphy and the accuracy of computer digitalized drawing. Which gives the final product unique quality Fig. 14. & 15.



Fig.14 shows the final product.

Fig.14 shows the final product.



Fig.15 shows the final product.

Fig.15 shows the final product.

3.5 DISCUSSION, USE OF PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR CALLIGRAPHY

- The use of mass production technologies allows reduction of the cost of each single object, while guaranteeing a constant quality of the product. The origin of the idea of standardized products, reached through the growing mechanization of the industry lies in the future of the modern society:
- *Standardization is not an obstacle to the development of the civilization, but one of its preliminary conditions.*[12]
- What Walter Gropius wants to underline is the high value of reducing unhealthy work condition by a higher industrialization on the one hand, but on the other hand also the value of standardized quality of products developed with good criteria through designers.
- The so created designs match perfectly the choice of materials and the related production technique. However, the reached standardization eliminates at the origin the “personal taste and human touch” on the object, which is so typical of craft products. Objects can become “iconic” rather than “human”. We can observe this process by recalling in mind the quality of craftsmen products and industrial products nowadays.
- Also related to Calligraphy, the choice of how to apply the Arabic letters on a supporting object is conditioned of the used material. Even if, as already stated above, the techniques to apply the Arabic letter went from painting, molding, engraving weaving, embroidering to carving and incising [13], the technique is related to application, subtraction rather than to additive production. It is easy understandable that on ceramic it is not possible to embroider, while painting and coating gives fine result. The same happens with carving out of stone letters to create one unique piece or composing phrases through the technique of mosaic. Production in a higher quantity of repeating objects are related to moldable materials like clay, form casting of metals or hammering sheet metals over a wooden form.
- As long as there is involved the hand of the craftsmen in the final finishing of the object, light variation due to the execution maintain the human touch in the realization of objects. The quality of the material plays a role, as much as the expertise of the craftsmen or artist.
- When it comes to the use of molds and cutting on preformed shapes, lately a simplified process through CNC and laser cutting, this variation disappears and the objects obtain a “standardized quality” throughout all the produced pieces.
- This standardization does even not stop when it comes to finishing like the application of ornaments or, like in our case, Calligraphy. The difficulty of applying calligraphy on objects however lies in the creation of words or short verses, which cannot be shorten or lengthen in order to fit with the geometry of the object.
- The choice of material defines the tools, methods and opportunities from the outset. There are four main categories of forming technologies which can support the creation of new products, but which need to be selected carefully when it comes to the application of calligraphy: molding and casting; machining and cutting; bending and pressing; rapid prototyping [14]. While the first three methods mainly exist traditionally, the last is a new technology which can increase the opportunity to generate unique pieces by applying the described process in this paper, where the designer/artist generates the digital outcome and handle eventually small variation throughout the ongoing production process.
- High precision laser cutting is applicable on many sheet formed materials like cardboard, leather, sheet and any polymeric material.
- 3D printing allows today to use several materials and qualities from metal to polymeric materials to built a three dimensional form, which is not possible to realize in one piece through traditional technologies. Formed shapes can be also easily scanned and digitalized for a second treatment.
- Multi axe CNC cutting allows to handle complicate shapes and generate calligraphy styles overlaying: what has been hardly managed in stone and wood, now can be reproduced in numbers.
- Photochemical Machining can treat thin metal sheets by printing CAD file generated films.

4 CONCLUSION

Co New technologies like the one nominated give to designers, craftsmen and industry to change the way of designing and producing objects: without high costly tooling it is possible to alter the virtual mold which is the digital file and work directly on the object. The paper wants to show that with these processes it is also possible to create a strong connection

between the artistic origin of a design, like the calligraphy and the generation of unique objects in an ongoing production process by keeping however the level of costs low.

ACKNOWLEDGMENT

Special Thanks to "Rania Hilal" the jewel designer and craft expert who made this design of calligraphy a real product. She is a well-known name in the field of design and produces master pieces of jewelry in Egypt; with continuous exhibitions inside and outside the country, and unique style of folklore Egyptian designs, she built her name.

REFERENCES

- [1] Taqi-ud-Din al Hilali & Muhsin Khan, (1996-1997) The Noble Qur'an in the English Language, Publisher King Fahd Complex of Publishing the Noble Qur'an, Medinah, (AD 1997/H1417) Surah 96 Al-'Alaq
- [2] Taqi-ud-Din al Hilali & Muhsin Khan, (1996-1997) The Noble Qur'an in the English Language, Publisher King Fahd Complex of Publishing the Noble Qur'an, Medinah, (AD 1997/H1417) Surah 29 Al-Ankabut
- [3] Cook, M. (2001), Il Corano, Publisher Einaudi, Turin, 2001, (original title The Koran, a very short introduction) page 25
- [4] Mandel Khan, G. (2010), Alfabeto Arabo – Stili, Varianti e adattamenti calligrafici, Publisher Mondadori Milano 2010 page 9
- [5] Al Khemir, S. (2006), From Cordoba to Samarkand, Masterpieces from the Museum of Islamic Art in Doha, Publisher 5 Continents Editions, Paris-Doha-Milan, 2006 page 12
- [6] Jung, C.G. (2003), L'uomo e i suoi simboli, Publisher Raffaele Cortina, Milano 2003 (original title Man and his symbols)
- [7] Al Khemir, S. (2006), From Cordoba to Samarkand, Masterpieces from the Museum of Islamic Art in Doha, Publisher 5 Continents Editions, Paris-Doha-Milan, 2006 page 19
- [8] Al Khemir, S. (2006), From Cordoba to Samarkand, Masterpieces from the Museum of Islamic Art in Doha, Publisher 5 Continents Editions, Paris-Doha-Milan, 2006 page 18
- [9] Benjamin, W (1935), "Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit", cit. Italian translation L'opera d'arte nell'epoca della sua riproduzione tecnica, Publisher Einaudi, Turin, 2011 page 9
- [10] Sennett, R. (2008), The craftsman, 2008, cit Italian translation L'uomo artigiano, Publisher Feltrinelli, Milano, 2009
- [11] Khatibi & Sijelmassi (1977) The splendor of Islamic Calligraphy, RIZZOLI New York 1977. (Translation from the French original: L'art calligraphique arabe, by James Huges. English translation: Thames & Hudson Ltd. London 1976) page 130
- [12] Gropius, Walter. (1935), La Nuova Architettura E Il Bauhaus, cit Italian translation Alessandra Salvini, Publisher Abscondita, page 20
- [13] Al Khemir, S. (2006), From Cordoba to Samarkand, Masterpieces from the Museum of Islamic Art in Doha, Publisher 5 Continents Editions, Paris-Doha-Milan, 2006 pg. 12
- [14] Thompson, Rob, (2011), prototyping and Low-Volume Production, Thames and Hudson, London, page 8.

La contribution de la femme rurale au revenu de ses ménages dans l'ouest algérien

[The contribution of rural women to income of her households in western Algeria]

Amina Benali

Department of management,
University TAHRI MOHAMED,
Béchar, 08000, Algeria

Copyright © 2016 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 provides evidence on the crucial role of women in agriculture and rural development. It presents the results of a research conducted 678 rural women in agricultural farms in western Algeria concerned women's participation in agricultural and no-agricultural activities. This document affirms that women make essential contributions to agriculture and rural enterprises across the developing world. Women are major producers of food, earners of household income. A special attention was paid to actions development regarding their promotion of awareness of gender issues and their ability to respond to women's requirements.

KEYWORDS: Women Participation, Rural Women, Gender, western Algeria, agriculture and no-agricultural activities.

RÉSUMÉ: La contribution des femmes rurales à la vie économique est incontournable, elle est le pivot de plusieurs activités agricoles et non agricoles dans les zones rurales algériennes. Cet article présente les résultats d'une enquête menée auprès de 678 femmes rurales vivante de l'ouest algérien, concerne leur participation aux activités agricoles et extra agricoles. Une attention particulière est portée sur les actions de développement dans leur sensibilisation au genre.

MOTS-CLEFS: la Participation féminine, Femme rurale, genre, l'ouest algérien, activité agricole et non agricole.

1 INTRODUCTION

Les femmes au monde rural jouent un rôle crucial dans le développement agricole et rural. En Algérie, comme la majorité des pays du monde, la femme rurale remplit des tâches fondamentales dans la production vivrière et constitue une part considérable de la main d'œuvre agricole et para agricole. Elle présente à tous les travaux de la production vivrière (LAROUSSE, 2003)[1] afin d'assurer la sécurité alimentaire et de subvenir aux besoins de ses familles.

L'objectif de cet article est de décrire, à partir d'une enquête réalisée, la contribution de la femme rurale dans le revenu de leur ménage.

L'enquête porte sur un échantillon de 678 femmes rurales à partir de neuf wilayas (Wilaya c'est de province en Algérie) de l'ouest algérien entre juillet et décembre 2014.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

ZONE D'ÉTUDE

Le cadre géographique de l'enquête comporte les neuf wilayas : Béchar, Tlemcen, Tiaret, Saida, Sidi bel abbés, Mascara, El Bayadh, Naâma et Ain Témouchent) (voir la figure suivante).



Figure n°01 : la carte de la zone d'étude

Notre zone d'étude rassemble l'ouest et le sud-ouest algérien, elle est limitée:

Au Nord par la mer méditerranée; Oran, Mostaganem, Relizane et Témimouchent

A l'Est par Les wilayas Djelfa, Laghouat, Ghardaïa et Adrar ;

Au Sud par les wilayas d'Adrar et Tindouf;

Par Le Maroc à l'Ouest.

Le territoire de notre zone d'étude s'étend sur une superficie de 318429,32 Km² et dispose d'une façade maritime de 200 km (entre Tlemcen et Ain Témouchent) et un long tracé frontalier de plus de 900 Km avec le Royaume marocain.

La zone étudiée abrite une population estimée à 4701059 habitants en 2011, soit une densité moyenne de 600 habitants/ Km²[2]. Cette densité est particulièrement élevée dans les communes urbaines et faibles dans les communes rurales. Du point de vue administratif, notre zone est organisée en 293 communes, regroupées en 98 daïras .[3]

3 MATERIEL ET METHODS

PRESENTATION DU QUESTIONNAIRE

Parmi les différents instruments d'enquête à savoir les entretiens, l'observation directe et le questionnaire, nous avons opté pour le questionnaire.

La conception de notre questionnaire est inspirée du cadre analytique de l'approche genre que nous nous sommes proposés d'utiliser (un cadre combiné Harvard/Moser). Le questionnaire s'appuie sur les indications des manuels de l'organisation mondiale de l'agriculture FAO en matière de recensements agricoles prenant compte des aspects de genre et sur « l'enquête pilote sur l'activité des femmes dans l'agriculture » . [4]

Il s'agit d'un ensemble de 35 questions principales réparties en 4 rubriques :

La première partie correspondant à des données d'identification : Il s'agit en premier de données relatives à la femme rurale (l'âge, l'état matrimonial, le nombre d'enfant, niveau d'instruction, chef de ménage ...etc.).

En second, il s'agit de celles relatives au ménage (les caractéristiques du ménage agricole, le nombre des personnes vivant dans le même foyer, identification et caractéristiques du chef du ménage,..... etc.).

La deuxième se rapportant à l'objectif principal de notre étude genre. Elle concerne : Les activités exercées :

Tâches et responsabilités dans la production : agricole, élevage, non agricole,

Tâches et responsabilités dans la reproduction sociale : domestique, éducative, de santé,

La troisième partie concerne

Le revenu ; l'accès aux facteurs et moyens de production et contrôle des bénéfices : terre, capital (crédit), matériels, information, et les bénéfices.

La répartition des pouvoirs : qui gère l'exploitation agricole ? Au niveau de l'exploitation agricole

La quatrième se penche sur les besoins des femmes enquêtées, sur les contraintes et les problèmes qui empêchent leur développement rural ;

Le questionnaire tel qu'il a été présenté a fait le sujet d'un pré-test au cours de nos premières visites sur le terrain. Ainsi de nouvelles questions ont été ajoutées pour le rendre plus adapté à notre problématique et aux objectifs de la recherche. Nous trouvons en annexe I le questionnaire définitif utilisé.

LE CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

Une fois le questionnaire définitif établi, le choix doit porter sur la taille de l'échantillon et sur la méthode d'échantillonnage car il est très rare qu'on puisse étudier exhaustivement une population. D'ailleurs, c'est inutile : interroger un nombre restreint de personnes, à condition qu'elles aient été correctement choisies, peut apporter autant d'informations, à une certaine erreur près, erreur calculable, et qu'on peut rendre suffisamment faible.

Le problème du choix d'un échantillon de répondants de la population étudiée est une étape cruciale de notre étude.

Dans une telle perspective une enquête sur une population représentative de l'ensemble des femmes n'apparaissait pas nécessaire. A cette possibilité on a préféré une enquête sur une population définie par certains critères, considérés comme significatifs par rapport aux objectifs définis.

En fonction des objectifs formulés et de l'étude de documents statistiques disponibles, on a limité l'univers analysé de la façon suivante :

La population étudiée : Les femmes interrogées dans l'enquête sont toutes :

- Les femmes chefs et non chef de famille ;
- Les femmes chefs et non chef de famille : L'enquête a donc porté sur les femmes mariées non chef de familles. Les veuves, célibataires et divorcées se trouvant en fait dans des situations de chef de famille, c'est-à-dire devant assurer elles-mêmes l'essentiel de leurs revenus.
- Les femmes âgées plus de 15 ans : La tranche d'âge 15 ans et plus est l'âge privilégié pour notre étude : tranche d'âge ou les charges familiales occupées par la femme sont similaires à celles de l'homme.

L'échantillon n'a donc retenu que les femmes âgées plus de 15 ans révolus ce qui correspond au moment où l'enquête a été arrêtée, à la génération 1998 ;

MÉTHODE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Plusieurs critères ont déterminé le choix des terrains sur lesquels l'enquête devait se dérouler. Il importait que chaque zone rurale choisie ait une population de quelque importance ; (le total des ménages ordinaires et collectifs de la commune [5] choisie pour l'étude est entre 1000 et 5000 habitants) ;

Selon les statistiques d'ONS(2011), 70 % des ménages ordinaires et collectifs résident dans les agglomérations chefs-lieux, 16% dans les agglomérations secondaires et les 14 % restant dans la zone éparse .

Sachant que sur 4.055 agglomérations au niveau national, 3.476 sont classées comme rurales par l'Office national des statistiques (ONS) dont 2.871 agglomérations (villages) ont une population de 1.000 à 5.000 habitants.

Est considérée commune rurale, toute commune dont le taux d'urbanisation est inférieur à 50% et sa densité humaine inférieure à la moyenne de la densité de la région où elle se trouve (Nord, Hauts-Plateaux, Sud).

L'étude sera à l'ouest de l'Algérie, en vertu de proximité de ces zones.

Tableau : La répartition des agglomérations rurales et semi-rurale par wilaya et de leurs populations respectives

wilaya	Nombre d'agglomération			La population			totale
	Semi-rurale	Rurale agglomérée	total	Semi-rurale	Rurale agglomérée	Zone éparses	
Béchar	1	40	41	5405	46799	5718	57922
Tlemcen	32	138	170	131198	164002	68589	363789
Tiaret	16	38	54	66290	51259	148061	265610
Saida	6	32	38	25459	41241	41624	108324
Sidi bel abbés	20	48	68	88333	67053	31651	187037
mascara	16	96	112	71443	136275	132484	340202
El bayadh	7	30	37	30109	28509	25364	83982
Naama	3	15	18	13363	13754	26047	53164
Ain temouchent	8	38	46	33979	49507	39030	122516
totale	115	514	629	492261	653448	547017	1692726

Source : Des statistiques de l'office national des statistiques, enquêtes emploi des ménages ; 2011.

Pour notre enquête, on a calculé la taille d'échantillon requise avec la formule suivante :

Formule:

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2}$$

n = Taille d'échantillon minimale pour l'obtention de résultats significatifs pour un événement et un niveau de risque fixé

t= niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96)

p = Probabilité de réalisation de l'événement ; 70%

m = marge d'erreur à 5% (valeur type de 0,05)

L'enquête repose sur un échantillon par quota (sélection représentative de communes), et non pas sur un échantillon aléatoire simple. Pour corriger la différence, on multiplie la taille de l'échantillon par l'effet du plan d'échantillonnage (**D**).

On suppose généralement que cet effet est de **2** pour ce genre d'enquête **n x D = 323 x 2 = 646**

On ajoute encore 5% à l'échantillon pour tenir compte d'impondérables comme les non-réponses ou les erreurs d'enregistrement. **n + 5% = 646 x 1.05 = 678.3 ~ 678**

On divise le chiffre obtenu au pourcentage de dispersion d'échantillonnage de chaque commune et wilaya à étudier ; On arrondit la taille de l'échantillon à 680 femmes.

Les résultats obtenus au moyen du questionnaire ont fait l'objet d'analyses statistiques descriptives et à l'aide du logiciel SPSS 21.

4 RESULTAT

4.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ÉCHANTILLON

L'analyse des résultats sur la zone d'étude permet d'avancer les conclusions suivantes :

- L'âge moyen de la femme est de 37 ans, avec des minima de 15 ans et des maxima de 76 ans,
- C'est la catégorie d'âge 35-44 qui domine avec 211 femmes (31,1 % de la population totale enquêtée), suivie par la catégorie de femmes âgées entre 45 à 54 avec 181 femmes (26,7 % de la population enquêtée).
- Pour la situation matrimoniale : La majorité des personnes enquêtées sont mariées avec 37,9%, suivie des célibataires de (25,8%), des veuves de (22,6 %) et des divorcées de (13,7%).
- La population des femmes qui a plus de 10 enfants est de 11,2 % et celle qui a :
- le nombre d'enfant entre 7 et 9 est de 16,1 % ; sa majorité est entre 45 et 54 ans (selon le diagramme suivant),
- le nombre d'enfant entre 4 et 6 est de 13,7 % ;
- le nombre d'enfant entre 1 et 3 est de 26,1 % ; sa majorité est mariée entre 35 et 44 ans.
- Et le reste (32,9 % de la population) n'a pas d'enfant et sont généralement les célibataires ;
- Le nombre de personnes vivant dans le foyer : Au niveau de l'ensemble de l'échantillon, 50,4% des ménages sont de grande taille (Elle dépasse la moyenne de la zone estimée à plus de 15 membres par ménage). La taille moyenne est de 22,4 % de la population enquêtée. Et la petite taille est de 27,1 % de la population ;
- Pour le niveau d'instruction : Les analphabètes représentent 269 femmes soit (39,7%) et celles qui ont : un niveau primaire sont 105 femmes soit (15,50%) ; un niveau d'instruction moyenne sont 94 femmes soit (13,90%) ; un niveau secondaire sont 126 femmes soit (18,60%). Et le nombre des femmes rurales possédant un niveau d'instruction universitaire est le plus faible (84 femmes) avec un taux de (12,4%). D'autres travaux montrent presque le même résultat tel que ce de l'OCDE (2006). [6]
- L'exercice d'une profession : Notre échantillon est composée de 47,3% qui exercent une profession dont : 20,8% exercent une profession agricole ; 17,1% exercent une profession non agricole ; 9% travaillent à domicile ; Par contre 52,7 % n'exercent aucune activité salariée ;

4.2 LA CONTRIBUTION AUX TRAVAUX AGRICOLES ET EXTRA AGRICOLES :

4.2.1 LES TRAVAUX AGRICOLES

- Le labour : Cette opération, très dure est peu pratiquée par les femmes. Il ressort de l'enquête que 8,1 % de l'échantillon pratique cette activité. Mais en cas d'insuffisance de main d'œuvre, les jeunes filles et certaines femmes interviennent avec un taux de 22,6% de l'échantillon.
- Le semis et le repiquage : Les résultats de notre enquête ont montré que 39,7% des femmes interrogées participent à ces travaux ; Le taux de participation des femmes aux différentes opérations de semis et repiquage est le suivant: 210 femmes interrogées participent à l'arrachage et/ou le semis /ou transport des plants ; 59 femmes participent au repiquage proprement dit.
- Le traitement phytosanitaire: Les femmes participent à cette activité avec un taux de 41,7% de l'échantillon étudiée. La raison avancée est l'insuffisance de main d'œuvre dans leur exploitation. Cependant d'autres femmes participent au traitement phytosanitaire salarié à temps partiel (surtout dans la zone de Naâma).
- L'irrigation: 29,5% des femmes de l'échantillon participent souvent à cette activité. Cependant, par insuffisance de main d'œuvre certaines femmes et jeunes filles interviennent pour l'irrigation avec un taux de 33%.
- La récolte : 63,9% des femmes interrogées interviennent dans cette opération. Les femmes préfèrent participer à la récolte car c'est à l'issue de cette opération qu'elles peuvent prétendre à une rémunération supplémentaire. Cela explique la grande motivation des femmes pour cette opération. Cette rémunération se fait en nature immédiatement après le travail. Après la récolte le chef d'exploitation leur donne également une quantité de produit récolté (pommes de terre, tomates, raisins, pommes) variant d'une exploitation à une autre.
- La commercialisation : Les femmes interrogées participent à la commercialisation des produits agricoles avec un taux de 21,7% de la population ; Ces femmes ont en majorité un niveau d'instruction relativement bas. Environ 59% n'ont aucun niveau d'instruction (alphabétisés). Le commerce des produits agricoles constitue leur principale activité.

- Le pâturage : Cette activité a été longtemps dominée par Les femmes. Et Cependant, malgré les difficultés quotidiennes, les femmes continuent à s'intéresser d'avantage à la pratique de cette activité. Elles interviennent à cette opération avec un taux de 55% de la population interrogée.
- Le travail domestique salarié : Le travail salarié chez les femmes peut se faire de manière individuelle ou collective. Dans plusieurs villages, on retrouve des femmes qui pratiquent individuellement certaines opérations tel que : L'apiculture : on a 99 des femmes interrogées pratiquent l'apiculture pour la commercialisation et 184 femmes contribuent aux opérations d'apiculture pour l'autosuffisance alimentaire du ménage.

On a aussi 161 des femmes interrogées pratiquent l'arboriculture (fruitières) et la plantation pour la commercialisation et 319 femmes utilisent la plantation (les plantes médicinales, les arbres des fruits,.....etc.) pour l'autosuffisance alimentaire du ménage. C'est presque les mêmes résultats aboutit par les chercheurs de CENEAP au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou et Jijel. [7].

Les femmes mènent diverses activités rémunératrices qui leur permettent d'avoir des animaux ; on trouve :

- 228 femmes enquêtées pratiquent l'élevage pour l'autosuffisance alimentaire du ménage,
- 209 femmes pratiquent l'élevage pour le commerce ;

Les résultats obtenus sur l'expérience des femmes enquêtées dans la pratique de cette activité (l'élevage) montrent un intérêt de plus en plus croissant des femmes

4.2.2 LES ACTIVITÉS EXTRA AGRICOLES

Les femmes rurales pratiquent essentiellement le petit commerce tel que : la fabrication des pâtes(couscous) ,la fabrication des produits laitiers(lait, leben, beurre),la fabrication des condiments et de confiture(confiture des différents fruits, les condiments des olives),la fabrication des dérivé de blé et de l'orge (qu'on appelle : TCHICHA, MERMEZ ,MFLGUA,FSIKHA) et l'artisanat (la couture , la sparterie, le tissage des tapis, la poterie,

On assiste à la création spontanée de groupes de femmes pour ces travaux (Longtemps dominé par les femmes rurales) ce qu'on appelle « Twiza ». Cette dernière est un groupe de femmes ; en général de différentes catégories d'âge et de différentes familles (voisines et les cousines). On trouve aussi des groupes comme le TWIZA mais à but lucratif, pour subvenir à des petits besoins. Ces groupes salariées sont très sollicités à cause de bas prix pratiqués mais surtout la bonne qualité de leur travail ; Certains groupes ne travaillent que deux jours par semaine à cause des multiples tâches des femmes ;

On constate aussi que les femmes des zones non réaménagées sont un peu avantagées par rapport à celle des zones réaménagées sur l'ensemble de l'ouest algérien, à des degrés différents selon la spécificité de chaque zone, les femmes pratiquent les mêmes activités et sont confrontées aux mêmes difficultés.

Malgré les multiples contraintes, les femmes, à partir des différentes activités sus citées, parviennent à avoir des revenus monétaires personnels. Ces revenus sont le plus souvent utilisés pour les besoins du ménage ;

Enfin la femme rurale algérienne s'occupe de la lessive, de l'approvisionnement d'eau, de la cuisson et de la lessive.

L'analyse des résultats de l'enquête a montré que 91,3% des femmes de notre échantillon font des travaux ménagers,

4.3 L'ANALYSE GENRE

- Le chef de ménage : Il s'agit de la personne qui prend les décisions et qui est responsable de la gestion du ménage ; Le chef de ménage se varie entre le mari (37,9%), le père (27,6%), le frère (8,3%) et autres cas différents de notre échantillon (le fils, l'oncle.....) avec 2,8%. La femme interviewée est chef de ménage avec 23,5% dont 98 femmes sont veuves et 46 divorcées ;
- La durée et la charge totale du travail :

Une attention portée sur la durée et la charge totale de travail par genre montre que les femmes tendent à avoir des journées plus longues et plus chargées que celles des hommes. D'un côté, elles se réveillent plus tôt et se couchent plus tard que leur conjoint. Une analyse faite sur les heures du travail des hommes et des femmes de notre échantillon amène à avancer que la marge de temps entre les deux est en moyenne d'une heure au détriment de la femme.

De l'autre, en plus des activités de production agricole, les femmes doivent s'acquitter de leur rôle fondamental, qui est de s'occuper de la maison, de nourrir et de prendre soins des enfants, de préparer et de transformer les aliments, sans pour

autant oublier les corvées d'eau et de bois. Dans le domaine des cultures et de l'élevage, elles sont responsables des tâches les plus pénibles et les plus consommatrices de temps, comme la récolte, le désherbage, le semis et la transformation pour la vente,

En guise d'illustration, nous présenterons quelques exemples :

Pour le travail à domicile (le travail salariée fait à la maison et les activités génératrice de revenu faite à domicile), 52 des femmes affirment qu'elles passent plus de 12 heures par jour pour ces travaux comme la préparation des repas spécial événement (préparation du pain spéciale par exemple) ; la couture traditionnelle, la fabrication des produits en spart,

Pour l'occupation agricole 7 femmes sur 15 passent moins de 5 heures sur les champs, elles doivent être aux champs dès les premières heures du matin (5h du matin) pour assurer une bonne récolte et la durée du travail journalier de 2 femmes sur 15 est de plus de 9h par jour,

Les heures de travail des 76 femmes (parmi les 116) aux occupations non agricoles est estimée à plus de 9 heures/jour,

Pour le genre masculin, C'est surtout les agriculteurs et les commerçants passent plus de 9 heures dans ses champs et ses lieux de travail,

L'analyse comparative de la répartition des tâches entre les sexes renvoie aux rôles assignés à chacun et permet de décoder la multiplicité des tâches exercées par les membres de la population qu'on veut aider. Dans la production agricole, la division du travail entre les hommes et les femmes varie en fonction des wilayas. Toutefois et à la lumière des résultats ressortis de l'analyse, nous pouvons avancer que les femmes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des exploitations agricoles familiales. Elles interviennent en effet à chaque stade de la production agricole et bien qu'il existe une division du travail par genre, les femmes tendent à en assumer la plus grande part. D'une façon générale, ce sont les hommes qui labourent les champs, appliquent les engrais et les pesticides et mènent les animaux de trait, alors que les femmes assurent la plus grande part des travaux de semis, du désherbage, de la récolte, de la traite et de l'entretien du cheptel. Ce sont elles qui s'acquittent presque exclusivement de la transformation des produits destinés à la vente.

Les hommes se chargent le plus souvent des cultures de rapport à grande échelle, surtout si les travaux sont mécanisés alors que les femmes s'occupent de la production des aliments réservés à la consommation du ménage et des cultures de rapport à petite échelle. Elles travaillent manuellement ou à l'aide de matériel rudimentaire. Elles contribuent pour une part essentielle à la production des cultures vivrières de base (les céréales et les jardins potagers dans les wilayas de Ain Témouchent, Sidi bel abbés, Tlemcen et Mascara, l'élevage familial au niveau de toute la zone étudiée).

La durée du travail effectué et la diversité des spéculations conduites (cultures de rente et vivrières, maraîchage et élevage) sont immédiatement observables et démontrent la participation active des femmes dans la sphère productive.

C'est la femme qui détient la responsabilité de l'élevage familial et qui assure la commercialisation directe des produits agricoles.

Si on se réfère aux rôles assignés à chaque genre, on observe que : Les femmes jouent un rôle majeur dans la production.

Dans la sphère domestique, c'est la femme qui exécute la totalité des tâches relatives au bien-être et à la survie de son ménage alors que l'homme n'intervient pas. Il s'agit là de responsabilités non rémunérées.

Au niveau de l'exploitation agricole : le pouvoir décisionnel est majoritairement détenu par l'homme pour tout ce qui est en rapport avec la gestion de l'exploitation agricole ; nous notons toutefois une faible implication des femmes dans la gestion de ses propres exploitations et à la prise des décisions supposant des engagements financiers importants tels que l'achat de la terre, les agrandissements et les emprunts. Même la gestion familiale ou collective est dominée par le genre masculin (la majorité des femmes enquêtées nous ont dit « C'est la tradition, la femme n'a pas à discuter avec l'homme »)

4.4 LES CONTRAINTES

Dans la pratique de ses activités, les femmes rencontrent d'énormes difficultés :

Les conditions géographiques : 75, 1% des femmes enquêtées affirment qu'elles souffrent des conditions géographiques et ces conditions se diffèrent d'une wilaya à l'autre ;

Manque de l'information : 82,4% des femmes enquêtées affirment qu'elles ont besoin des moyens de communication. Ce qui est confirmé par le travail de MARAGNANI. [8]

Les conditions juridiques : ce sont les mêmes déterminants de l'étude de TURPIN en 2010 et notre étude déclare plus de 40% des femmes enquêtées rencontrent des conditions juridiques négatives ; [9]

5 LA CONCLUSION

Nos résultats révèlent que la participation féminine aux diverses activités est toujours positivement liée au nombre des personnes vivant dans le même foyer. Deuxièmement, notre analyse confirme le rôle important de l'éducation dans la participation à l'activité rurale. Troisièmement, nos résultats montrent que les femmes participent plus que les hommes aux activités domestiques, agricoles et non agricoles.

REFERENCES

- [1] LAROUCSI ; LAMRI (2003), la femme rurale dans l'exploitation familiale nord-ouest de la Tunisie : pour une sociologie des ruptures, édition l'harmattan.
- [2] Calculer à partir des statistiques de chaque wilaya. (2014)
- [3] La daïra est une circonscription administrative regroupant plusieurs communes.
- [4] FAO. 1995. *Plan d'action FAO pour l'intégration des femmes dans le développement*. C95/14-Sup.1-Rev.1. Rome.
- [5] Une commune peut comporter une ou plusieurs agglomérations. L'agglomération où se trouve le siège de l'APC est appelée Agglomération Chef Lieu (ACL). Les autres agglomérations de la même commune sont appelées Agglomérations Secondaires (**AS**). Une fois toutes les agglomérations délimitées, le reste de la commune constitue le territoire épars ou Zone Epars (ZE). (Définitions tirées de Collections Statistiques ONS n°80 Recensement générale de la Population et de l'Habitat 1998)
- [6] OECD ; (2006) , african development bank , perspectives économiques en Afrique , OECD publishing.
- [7] CENEAP (centre national d'étude et d'analyse pour la population et le développement), 2002, la participation de la femme rurale à la vie économique et sociale, la lettre de CENEAP n °49.
- [8] MARAGNANI ; Alain (2009), formation professionnelle et développement rural, Educagri édition.
- [9] Turpin FATIMA C, (2010), la condition juridique de la femme rurale en Kabylie : le cas de la Kabylie maritime en Algérie, édition APOPSIX.

