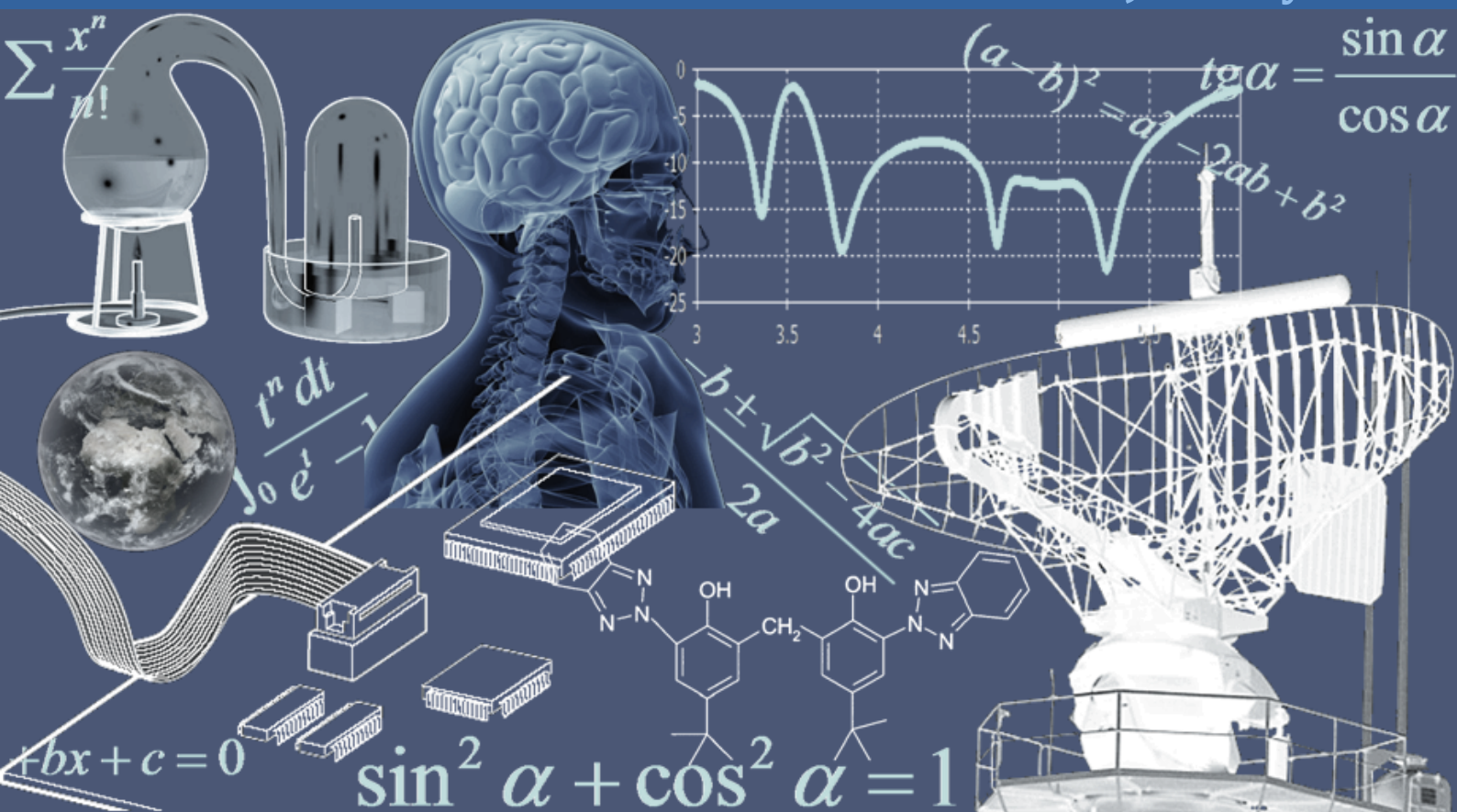


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 14 N. 2 January 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

L'APPROCHE BUSINESS MODEL POUR ANALYSER LA STRATEGIE DE L'ENTREPRISE MAROCAINE, ETUDE DE CAS : ANOUAR MAGHREB	254-264
Construction and Research of the Modern Civil Aviation CBT Comprehensive Laboratory Based on C/S Mode	265-271
Pleasure in the design of printed upholstery fabrics and its impact on human behavior	272-287
Theoretical multi node numerical model for thermal solar collector with forced circulation	288-296
Contribution to a diagnosis system of the Whewellite- and Weddellite crystals in human urinary using data mining algorithms	297-303
Impact of Liquidity Management on Profitability of Pakistani Firms: A Case of KSE-100 Index	304-314
Enquête sur la pharmacopée des bonobos (<i>Pan paniscus</i> , Primates) dans un foyer endémique et Mise en évidence de l'activité anti-drépanocytaire chez un taxon végétal (<i>Treculia africana</i> Decne ex Trécul, Moraceae) testé in vitro	315-326
Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo	327-339
Determinants of stress among recruitment agencies: Case of the city of Tetouan-Mdiq	440-444
Use GIS to study the socio-economic impact on the physical environment in the eastern Aurès (Algeria)	445-458
Application de l'analyse en composantes principales à l'étude de la pollution nitrique des eaux souterraines de la zone littorale Sidi Abed-Ouled Ghanem (Province d'El Jadida, Maroc)	459-471
Les facteurs liés aux patients hospitalisés favorisant l'infection nosocomiale	472-482
A Study on the Ammonium Adsorption by using Natural Heulandite and Salt Activated Heulandite	483-488
Le nom comme source en onomastique: Cas de l'anthroponymie kapsiki (Extrême-nord Cameroun)	489-497
Correlation of ER, PR and HER2 with clinico-pathological parameters in Infiltrating Ductal Carcinoma of Breast in Morocco	498-506
Evaluation de l'efficacité du système de chauffage de l'eau en période froide avec la braise sur la croissance des <i>Oreochromis niloticus</i> à Lubumbashi (RD Congo)	507-517
Age optimal des peuplements d' <i>Acacia auriculaeformis</i> et <i>Acacia mangium</i> pour la production de charbons actifs	518-525
Logistique et développement territorial : utilisation d'un modèle d'aide à la décision multicritère pour l'évaluation de la pertinence du positionnement industrielle et logistique cas de la région Chaouia-Ouadigha Maroc	526-535
Caractérisation aérodynamique des unités géomorphologiques du sud tunisien à partir des mesures dérivées des produits de surface POLDER	536-542
Psychologie Informatique et son impact sur le comportement humain	543-548
Stratification et classification phytosociologique des forêts secondaires d'Afrique Centrale	549-580
The effect of risk factors and etiology on the distribution of clinical cases with dermatomycoses	581-586
Evaluation qualitative du programme de l'éducation pour la santé dans les établissements scolaires marocains	587-600
Audit et rationalisation des dépenses publiques : Cas de la Région Chaouia Ouadigha	601-610
Intelligence et attractivité territoriale: Modèle des parcs industriels français au Maroc	611-622

L'APPROCHE BUSINESS MODEL POUR ANALYSER LA STRATEGIE DE L'ENTREPRISE MAROCAINE, ETUDE DE CAS : ANOUAR MAGHREB

[BUSINESS MODEL APPROACH TO ANALYZE THE MOROCCAN STRATEGY, CASE STUDY: ANWAR MAGHREB]

Hassan ABBAR¹ and Salma ECH CHARQY²

¹Professeur de l'enseignement supérieur à l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Settat, Université Hassan premier, Settat, Maroc

²Doctorante chercheuse à l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Settat, Université Hassan premier, 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: Traditionally, management scholars have conceptualized the business model as a tool for innovation, planning and entrepreneurship. However, little is known about how the business model is applied in practice.

To fill this gap, this study aims to identify how the business model could complete and renew the traditional strategic approach and also, explore from a practical point of view the use of the business model as a strategic diagnostic tool.

A single case study was chosen to explore the use of the business model as a strategic diagnostic tool. The business model concept has evolved increasingly growing in the disciplinary field of strategy. This has generated several models whose main business model matrix for the analysis of business portfolios.

KEYWORDS: Business model approach, strategy.

RESUME: Traditionnellement, les chercheurs en sciences de gestion ont conceptualisé le business model comme un outil d'innovation, de planification ou d'entrepreneuriat. Toutefois, jusqu'à présent, on sait peu sur la façon dont le business model est appliqué dans la pratique.

Pour combler cette lacune, la présente étude vise à identifier en quoi le business model pourrait compléter et renouveler l'approche stratégique traditionnelle et explorer d'un point de vue pratique l'utilisation du business model en tant qu'outil de diagnostic stratégique.

Une étude de cas unique a été choisie pour explorer l'utilisation du business model en tant qu'outil de diagnostic stratégique. Le concept business model a connu une évolution de plus en plus croissante dans le champ disciplinaire de la stratégie. Cette évolution a généré plusieurs modèles dont principalement la matrice des business model pour l'analyse des portefeuilles d'activité.

MOTS-CLEFS : Approche business model, stratégie.

INTRODUCTION

Aujourd'hui plus que jamais, l'environnement de l'entreprise gagne chaque jour en turbulence : De nouveaux facteurs de vulnérabilité apparaissent, de nouveaux défis surgissent, et les positions concurrentielles acquises sont perpétuellement bousculées. Les entreprises marocaines ne sont tout de même pas épargnées de cette situation.

En effet, une récente étude du cabinet Euler-Hermes¹ alerte sur la hausse du nombre de firmes déficitaires au Maroc en 2013 (Plus de 1990 entreprises ont été déclarées faillite au premier semestre 2013). Cette accélération repérée est aujourd'hui d'autant plus inquiétante que la tendance risque, selon les projections de l'étude, de continuer les trois années à venir.

La conjoncture économique marocaine est réellement difficile au regard du resserrement de marge. Crise économiques et financières, diminution de l'investissement public, augmentation des prix de matières premières, sensibilité du secteur bancaire....Tous ces éléments et bien d'autres expliquent l'incapacité de certaines firmes à poursuivre leurs activités et ralentit considérablement la croissance de celle qui résistent encore sur le marché².

A cela, il faut rajouter les dysfonctionnements et insuffisances juridiques qui restent à ce jour objet de plusieurs débats, on note principalement la loi sur les délais de livraison³.

Dans un tel contexte, les décisions stratégiques gagnantes d'hier peuvent conduire à l'échec d'aujourd'hui, et il devient évident qu'une remise en cause régulière et objective des modes de développement est nécessaire pour conserver la pertinence économique et stratégique.

De ce fait, mener une réflexion stratégique éclairée est une des clés du succès pour toute entreprise qui navigue dans un contexte économique incertain.

Il est évident que le succès d'une décision stratégique ne dépend pas uniquement de la décision elle-même mais aussi de la manière dont elle est formulée.

En effet, qu'elle soit une jeune PME en développement ou une grande organisation, qu'elle soit dans le secteur privé, associatif ou public, une industrie de haute technologie ou non, toute organisation présente un modèle économique (business model), éventuellement formalisé et sur lequel elle doit se réinterroger régulièrement.

Le terme business model traduit fréquemment par l'expression « modèle économique » ou encore « modèle d'affaire » est de plus en plus utilisé par les entreprises. Les journalistes comme les managers utilisent cette notion pour décrire les piliers de fonctionnement d'une organisation ou pour décrire les trajectoires de développement des activités tels que : « Le nouveau modèle économique de Meditel⁴ », « INWI défend son modèle économique⁵ ».

Un business model décrit la logique de l'entreprise, la façon dont elle opère et crée de la valeur afin d'assurer sa pérennité. C'est en quelque sorte une représentation du système "entreprise", une modélisation de la façon dont une entreprise fait du "business"

Pendant plusieurs années, le concept business model concernait essentiellement les nouvelles activités parues avec le développement d'internet vers la fin des années 1990.

Aujourd'hui, le terme est employé dans plusieurs secteurs d'activités et attire de plus en plus l'attention aussi bien des chercheurs en sciences de gestion que des consultants.

Ainsi, si le business model a connu autant d'intérêt par les entreprises et le monde académique, c'est qu'il rend compte sûrement de quelque chose qui n'a pas été suffisamment traitée par les autres concepts traditionnels de la stratégie de l'organisation.

D'autre part, plusieurs chercheurs se sont intéressés au business model tel un outil de planification, d'innovation, d'entrepreneuriat... Cependant, rare sont les études qui s'intéressent à la manière dont cet outil est utilisé en pratique et particulièrement en tant que dispositif d'analyse stratégique.

Pour combler cette lacune, nous nous intéressons dans un premier lieu, à savoir en quoi le business model complète et renouvelle l'approche stratégique traditionnelle ? Ensuite, et à travers le cas d'une industrie d'ameublement, nous abordons d'un point de vue pratique l'application de l'approche business model en tant qu'outil de diagnostic stratégique.

¹A. Diouri, « Alerte sur la défaillance de l'entreprise », les inspirations ECO.PME de novembre 2013

²Ibid.,

³<http://www.leseco.ma/les-cahiers-des-eco/pme/15810-conjoncture-alerte-sur-la-defaillance-des-entreprises.html>

⁴<http://www.leconomiste.com/article/931571-le-nouveau-mod-le-conomique-de-m-ditel>

⁵<http://www.leconomiste.com/article/inwi-defend-son-modele-economiquebrientretien-avec-frederic-debord-directeur-general-d-inwii>

QU'EST-CE QUE LE BUSINESS MODEL ?

Le concept business model a connu une attention considérable de la part des chercheurs et stratèges d'entreprises qui s'intéressent à expliquer la création de valeur, la performance et l'avantage concurrentiel.

Même si la documentation sur le business model tend à se concentrer sur les activités de l'entreprise avec son réseau de partenaires, les chercheurs sont devenus de plus en plus conscients que les entreprises n'utilisent pas leurs business model de façon compétitive et qu'ils peuvent conquérir des avantages concurrentiels grâce à leur business model (Casadesu, Masanell et Ricart, 2010)⁶.

Les « business model » peuvent jouer un rôle central dans l'explication de la performance des entreprises. Afuah⁷ propose le business model en tant que concept unificateur pour expliquer l'avantage concurrentiel et la performance de l'entreprise et ainsi le définir comme « la méthode par laquelle une entreprise construit et utilise ses ressources pour offrir à ses clients une meilleure valeur ». (Afuah, 2004)⁸ met l'accent sur la rentabilité des entreprises et introduit un cadre stratégique dans lequel le business model est conceptualisé par l'intermédiaire d'un ensemble de composants correspondant à des déterminants de rentabilité de l'entreprise.

En définitif, il est clair que le concept business model a connu de plus en plus d'intérêt des chercheurs dans différents champs disciplinaires et principalement dans le champ de la stratégie. Loin d'être un substitut de la notion de stratégie, le business model constitue un outil de réflexion complémentaire, transversal et intégrateur des différentes fonctions de l'entreprise (Xavier Lecoq, Benoit Demil et Vanessa Warnier, 2006)⁹.

COMMENT DEFINIR LA NOTION DE BUSINESS MODEL ?

En 2001, Michael Porter a critiqué la notion de BM en affirmant qu'elle manque de définition claire. Il a souligné que la définition vague de la notion de "business model" a eu de fâcheuses conséquences : Elle a conduit à une approche simpliste de la stratégie et à l'incapacité d'exploiter des avantages concurrentiels importants.

Aussi, défenseur de l'idée de BM spécifique à Internet, (Tapscott, 2001) reconnaît que le terme BM est fréquemment utilisé de manière floue. De même, (Hedman et Kalling, 2001) notent que la notion de BM est souvent utilisée pour décrire simplement les éléments fondamentaux d'une activité.

En revanche, à travers notre revue de la littérature relative à la notion BM, nous soulignons l'existence de nombreuses définitions qui diffèrent selon le contexte et le domaine de leur apparition mais sans aucune entente. Cependant, un consentement commence à s'établir quant aux composantes du business model.

De ce fait, l'élément crucial présent dans la quasi-totalité des définitions repérées est la génération de revenu ou la création de valeur qui peut être défini comme le processus par lequel l'entreprise valorise des ressources et des compétences pour concevoir un produit et ou un service destinés à être étalés sur un marché afin de réaliser des bénéfices.

Cependant, (Amit et Zott, 2001) mettent en garde contre une réduction du BM au seul modèle de revenus d'une firme.

Ainsi, nous définissons le BM comme une description des choix qu'une entreprise effectue pour générer des revenus (Xavier Lecoq, 2006). Ces choix portent sur trois dimensions principales que sont la proposition de l'offre ou de valeur (Produits et services offerts aux clients potentiels), la manière dont l'entreprise s'organise pour mettre l'offre à la disposition de ses clients (Architecture de valeur) et finalement les mécanismes permettant de retracer la manière dont la valeur est générée, captée et transformée en profit (Equation de valeur).

Le business model a intéressé plusieurs chercheurs dans différents champs disciplinaires. Dans cette communication, nous nous intéresserons principalement au business model dans le champ de la stratégie.

⁶R. Marsanel, J.E. Ricart, « From Strategy to Business Models onto Tactics », *Long range Plannig*, 2010, pp. 195-215

⁷A. Afuah, « *Business models – a strategic management approach* », McGraw Hill Irwin, New York, 2004

⁸ *Ibid.*,

⁹ X. Lecoq, B. Demil, V. Warnier, « *Le business model, un outil d'analyse stratégique* », *L'Expansion Management Review*, n°123, 2006, pp. 96-109

BUSINESS MODEL DANS LE CHAMP DE LA STRATEGIE ?

Le concept « business model », une notion essentiellement mobilisée pour parler des nouvelles activités, est aujourd'hui utilisé de façon de plus en plus croissante dans la littérature académique en stratégie. Il est devenu un objet de recherche à part entière, auquel sont consacrés des ouvrages (Vestraete et Jouison Laffite, 2009)¹⁰ et des articles publiés dans les meilleures revues internationales.

En effet, contrairement aux concepts traditionnels de la stratégie qui suppose que les formes d'organisation sont homogènes au sein d'un secteur donné, le business model permet de rendre compte de la variété des formes de performance et des formes d'organisation dans chaque secteur d'activité (Xavier Iecocq, Benoit Demil, Vanessa Warnier, 2012)¹¹.

Progressivement, le business model est devenu une véritable approche stratégique articulé autour de l'innovation bouleversant les règles de jeu des secteurs économiques au lieu de privilégier les éléments structurants le secteur.

L'effort des chercheurs en business model n'est pas d'innover théoriquement mais surtout d'intégrer des concepts existants dans une approche nouvelle privilégiant l'innovation dans les éléments structurant un secteur donné.

L'approche business model se différencie de l'approche stratégique traditionnelle par plusieurs caractéristiques qui font d'elle une approche entière en stratégie (Lecocq X., 2010)¹² ;

D'une part, l'approche business model est marquée par une volonté intégrative :

Le BM est considéré comme une carte cognitive simplifiée retraçant l'enchaînement du processus de création de valeur du domaine technique des entrées (managers techniques) au domaine social des sorties (managers marketing). Ainsi, le BM permet de sortir des analyses strictement fonctionnelles pour analyser l'entreprise de manière transversale.

De ce fait, le BM permet une réflexion sur l'offre, la politique de prix, l'organisation de l'entreprise et son insertion dans un réseau de valeur, l'analyse des charges ou encore la politique financière, sans se réduire à aucune de ces dimensions (Xavier Lecocq, 2006)¹³.

L'approche BM représente donc une vision dynamique et intégrée des différentes fonctions de l'entreprise.

D'autre part, l'approche business model est de promouvoir une logique pragmatique :

Si la stratégie consiste à faire des choix (Dans quels secteurs ou domaines d'activités se développer, quelle position concurrentielle adopter pour atteindre une performance supérieure à celle de ses concurrents), le business model présente la description détaillée de ces choix.

Néanmoins, l'approche BM constitue un niveau intermédiaire d'analyse, il décrit la traduction de la stratégie en politiques fonctionnelles. C'est ce positionnement intermédiaire entre la réflexion stratégique et les actions opérationnelles qui fondent la pertinence du concept.

Les modèles stratégiques traditionnels aussi précis soient-ils ne permettent pas de retracer cette nuance entre les choix stratégiques et la mise en œuvre fonctionnelle.

En définitif, si le business model connaît un succès considérable dans l'entreprise et dans le monde académique, c'est qu'il permet de combler un vide conceptuel tout en apportant un nouvel élan aux concepts traditionnels de la stratégie.

Certes, le business model est utilisé de façon croissante dans la littérature académique en stratégie et a connu une évolution considérable allant jusqu'à une approche à part entière en stratégie. Cependant, rare sont les études qui s'intéressent à la manière dont cet outil est utilisé en pratique et particulièrement en tant que dispositif d'élaboration de décisions stratégiques.

¹⁰ T. Vestraete, E. Jouison, « Business Model pour entreprendre – Le modèle GPR : Théorie et pratique », de Boeck, 2009

¹¹ V. Warnier X. Lecocq, B. Demil, « Le business model, un support à la créativité de l'entrepreneur », *Entreprendre et Innover*, 2012, pp. 27-37

¹² X. Lecocq, B. Demil, J. Venture (2010), « Business Models as a research program in stratégie », *L'Expansion Management Review*, n° 123, 2010, pp. 96- 109

¹³ X. Lecocq, B. Demil, V. Warnier, (2006), « Le business model, un outil d'analyse stratégique », *L'Expansion Management Review*, n°123, 2006, pp. 96-109

Ceci dit, comment l'approche business model peut être opérationnaliser en pratique de l'analyse stratégique ?

Le concept business model a donné lieu à plusieurs typologies visant à identifier la manière de création et de capture de la valeur de plusieurs entreprises dans différents secteurs d'activités.

Il a aussi participé au développement de plusieurs modèles peu connus tel que le canevas d'Osterwalder et Pigneur (2011)¹⁴.

Ces modèles se basent essentiellement sur la représentation détaillée du modèle de création de valeur sans prise en compte de la relation interactive entre ses composantes, sa mise en œuvre opérationnelle et de son management au quotidien.

Ce n'est qu'à partir de l'année 2004 que Xavier Lecoq, Benoit Demil et Vanessa Warnier ont essayé de positionner le concept business model dans la démarche stratégique et ont développé plusieurs outils qui complètent ceux de la stratégie dont principalement la matrice Business model pour l'analyse des portefeuilles d'activités et le modèle RCOV inspiré de la théorie d'Edith Penrose de la croissance de l'entreprise (Penrose, 1959)¹⁵. C'est un outil stratégique de description, d'analyse et de créativité pour travailler sur le business model actuel ou à venir d'une organisation (Lecoq et al., 2006)¹⁶.

COMMENT PEUT-ON UTILISER L'APPROCHE BUSINESS MODEL EN PRATIQUE ?

Le concept business model a donné lieu à plusieurs typologies visant à identifier la manière de création et de capture de la valeur de plusieurs entreprises dans différents secteurs d'activités.

Il a aussi participé au développement de plusieurs modèles peu connus tel que le canevas d'Osterwalder et Pigneur (2011).

Ces modèles se basent essentiellement sur la représentation détaillée du modèle de création de valeur sans prise en compte de la relation interactive entre ses composantes, sa mise en œuvre opérationnelle et de son management au quotidien.

Ce n'est qu'à partir de 2004 que Xavier Lecoq, Benoit Demil et Vanessa Warnier ont essayé de positionner le business model dans la démarche stratégique et ont développé plusieurs outils qui complètent ceux de la stratégie dont principalement la matrice Business model pour l'analyse des portefeuilles d'activités et le modèle RCOV inspiré de la théorie d'Edith Penrose de la croissance de l'entreprise (Penrose, 1959). C'est un outil stratégique de description, d'analyse et de créativité pour travailler sur le business model actuel ou à venir d'une organisation (Lecoq et al., 2006).

Nous nous contentons dans cette communication, d'analyser et de tester la matrice des business model pour l'analyse de portefeuille d'activité.

➤ La matrice des Business model pour l'analyse des DAS¹⁷

Un domaine d'activité stratégique, ou DAS, dans la terminologie de la stratégie d'entreprise, se définit comme un sous-ensemble d'une organisation auquel il est possible d'allouer ou de retirer des ressources de manière autonome. Le DAS permet le découpage de l'activité de l'organisation en segments homogènes selon plusieurs critères à savoir (clients / produits, marché/offre).

L'analyse des différents domaines d'activité stratégique permet une meilleure connaissance de l'environnement interne et externe de l'organisation. La synthèse de l'analyse des différents DAS de l'entreprise permet d'aboutir à une compréhension globale de l'entreprise.

Une fois analysés, les DAS sont synthétisés dans une matrice qui permet d'évaluer la performance et les perspectives d'évolution par DAS. Cette analyse pertinente constitue un fondement d'aide à la prise de décision pour les dirigeants en ce qui concerne l'allocation des ressources aux différentes activités et aux choix d'investissement.

¹⁴ A. Osterwalder, Y. Pigneur, "Business Model : Nouvelle génération", Pearson, France, 2011

¹⁵ E. T. Penrose, *The theory of the Growth of the firms*, Wiley, New York, 1959

¹⁶ X. Lecoq, B. Demil, V. Warnier, « Le business model, un outil d'analyse stratégique », *L'Expansion Management Review*, n°123, 2006, pp. 96-109

¹⁷ DAS : Domaine d'activité stratégique

Afin d'effectuer l'analyse du portefeuille d'activité, les chercheurs ont inventés plusieurs matrices dont nous notons principalement (BCG, McKinsey, ADL). Ces matrices dites traditionnelles présentent plusieurs avantages à savoir la simplicité de la matrice BCG, les orientations stratégiques détaillées de la matrice ADL et l'approche qualitative de la matrice McKinsey.

Par ailleurs, parmi les critiques adressées à ces matrices qu'elles reposent sur les mêmes postulats et donc présentent peu d'originalité l'une par rapport aux autres.

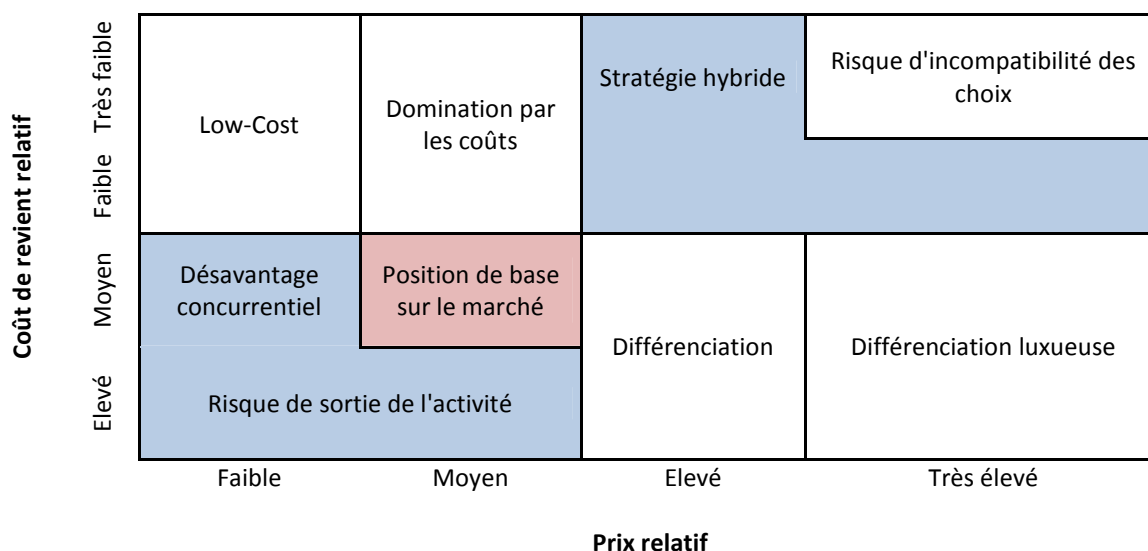
Aussi, qu'elles sont très statiques : Elles représentent le portefeuille seulement à un moment donné et négligent l'effet de synergie entre les DAS.

Suites aux critiques adressées à ces matrices, de nouveaux outils ont été avancés dont principalement la matrice des business model.

S'inspirant de (Hall, 1988) et de (Desreumaux, Lecocq et Warnier, 2006) inventent la démarche de la matrice des business model qui consiste à identifier les sources possibles d'avantages concurrentiels des DAS considérés individuellement avant d'analyser le lien entre les stratégies poursuivies dans ces DAS et ainsi évaluer la cohérence globale du portefeuille.

Selon cette matrice, les facteurs clés de succès de l'entreprise peuvent se résumer en deux variables distinctes : La différenciation relative de l'entreprise qui se traduit par une prime de prix et la matrice relative de ses coûts de revient.

Figure 1 : La matrice des business model (Lecocq et Warnier, 2006)



La matrice business model considère moins le cycle de vie d'un secteur comme une variable décisive pour expliquer la performance d'un DAS, que les données de l'environnement pour trouver ou retrouver une performance dans une activité donnée.

Les deux dimensions de la matrice des business model sont :

- Le **prix relatif** par rapport aux autres offres du marché, c'est à dire la capacité à proposer des prix plus au moins élevés que l'offre de référence ;
- Le **coût relatif** dans son activité c'est à dire la capacité de l'entreprise à maîtriser ses coûts de revient par rapport aux concurrents.

A partir de ces deux axes, les DAS sont placés dans la matrice, révélant ainsi leur business model et la cohérence globale du portefeuille de l'entreprise.

En outre, le positionnement du DAS sur la matrice détermine explicitement les avantages concurrentiels qu'une entreprise peut avoir dans une activité tout en incluant les voies de développement de la firme, les positionnements les plus risqués voire à éviter sous peine de devoir abandonner l'activité.

D'une part, la matrice des business model permet d'évaluer la performance des DAS individuellement. En effet, c'est la différence entre les produits et les charges qui détermine le profit d'un DAS. Plus une entreprise réussit une différenciation

par le prix par rapport à la moyenne du secteur, tout en maîtrisant ses coûts (Efficience forte et réduction des charges) plus ses profits sont élevés dans le DAS.

D'autre part, l'analyse des matrices business model peut être considérée globalement. La matrice permet de visualiser la cohérence globale des différents DAS. Même en ayant des marques différentes, une entreprise court un risque important si elle mène sur un DAS une stratégie de différenciation par le prix et sur un autre une stratégie de domination par les coûts ou du low-cost. Ceci est clairement modélisé sur la matrice par la distance entre les points qui définit la cohérence du portefeuille. Des DAS trop éloignés ne sont pas cohérent et entraînent des conséquences négatives sur la performance de l'entreprise.

D'un côté, le client est confus quant à l'image de l'entreprise et ne peut pas lui donner de légitimité et d'un autre côté des problèmes internes se posent à l'entreprise pour poursuivre des buts différents et évaluer ses DAS sur des critères trop distinct voire même des fois contradictoires.

En définitif, la matrice business model complète l'approche stratégique traditionnelle par sa facilité d'utilisation et d'opérationnalisation et la renouvelle par son caractère multi-niveaux (DAS par DAS et globale) et sa prise en compte des synergies entre DAS.

ETUDE EMPIRIQUE ET DISCUSSIONS ?

■ Méthodologie

Le dilemme entre la popularité de plus en plus croissante de l'utilisation du concept business model dans le champ disciplinaire de la stratégie et le manque d'étude pratique retraçant son utilisation empirique en entreprise représente le point de départ de cette recherche (Poole et van de Ven, 1989).

Pour explorer la dynamique en utilisant le Business model en tant que dispositif de diagnostique stratégique, une étude de cas a été choisie (Eisenhardt, 1989; Yin, 1994).

Les études de cas fournissent une approche méthodologique significative en particulier lorsque les perspectives existantes semblent insuffisantes en raison de peu de fondement empirique ou si les études dominantes dans le sujet sont contradictoires entre elle ou avec d'autres travaux de recherche.

Aussi, l'approche des études de cas est considérée appropriée dans les premières étapes d'un domaine de recherche ou dans le but de fournir une fraîcheur aux perspectives étudiées (Eisenhardt, 1989).

En outre, une étude de cas unique avec de multiples niveaux d'analyse est appliquée, ce qui permet un examen approfondie de l'objet de recherche (Klein et al, 1999; Yin, 1994).

En revanche et suivant l'exemple de Harrison et Leitch (2000), la recherche-action participative a été sélectionnée comme le processus de collecte des données du cas. Un tel processus facilite l'apprentissage continu, non seulement pour les chercheurs concernés, mais aussi pour toutes les parties d'un projet (Greenwood et al, 1993).

■ Cadre empirique

A sa Création en 1957, ANWAR MAGHREB était l'entreprise pionnière marocaine du secteur du mobilier de bureau et aménagement. L'entreprise connaît une croissance rapide depuis son rachat par le groupe ADIL. Jusqu'à la fin des années 80, l'entreprise est un des premiers fournisseurs de l'administration publique et s'impose rapidement comme un des principaux partenaires de grands comptes tels que les banques, les compagnies d'assurance et les sociétés de télécommunication ou encore les offices publics ou semi publics.

Dès les années 90, pour faire face aux nouveaux challenges, ANWAR MAGHREB se réorganise pour optimiser sa compétitivité et redéploie son offre de services pour devenir un véritable spécialiste des solutions intégrées d'aménagement d'espaces professionnels.

Cette stratégie a permis à la marque de se développer sur de nouveaux segments de clientèle en direction notamment des entreprises multinationales, des PME-PMI industrielles ou commerciales, des sociétés de services auxquelles ANWAR MAGHREB propose des solutions sur mesure pour optimiser et organiser les espaces de travail tout en améliorant le confort des usagers.

A l'écoute de son marché, ANWAR MAGHREB a su, grâce à son bureau d'études et de conception, diversifier ses créations en s'engageant dans des concepts inédits pour répondre de manière souple et efficace à de nouvelles exigences d'aménagement.

Depuis quelques décennies, le marché devient ultra concurrentiel avec l'entrée de produits importés et de multinationales en plus des acteurs locaux qui se professionnalisent et deviennent plus agressifs. Il est à noter aussi que le prix constitue le premier critère concurrentiel. Mais la différenciation se fait aussi sur le design et la qualité du matériau.

Devant un tel engouement, ANWAR MAGHREB est contrainte de se redéployer sur de nouvelles niches et réfléchir à de nouvelles voies de développement capable d'asseoir la croissance et la pérennité d'ANWAR MAGHREB.

De ce fait, l'objectif de notre étude est d'établir un diagnostic du portefeuille d'activité d'ANWAR MAGHREB indépendamment de son environnement et notamment du cycle de vie du secteur pour déterminer les facteurs clés de création de valeur de cette organisation par DAS et ainsi proposer des plans d'actions à mettre en œuvre.

Ainsi, pour réaliser cette étude, et compte tenu d'un marché de volume où le prix constitue un critère concurrentiel que tous les professionnels surveillent de près associé à une guerre contre la maîtrise des coûts, nous avons choisi d'utiliser la matrice des business model qui s'articule essentiellement sur deux dimensions que sont le prix et le coût.

➤ Segmentation Stratégique

Sur la base des caractéristiques des clients (taille, Quantités commandées, nature privé ou public...) et de leurs sensibilités par rapport au prix et au produit, quatre segments étaient retenus pour ANWAR MAGHREB.

Le pôle Grands Comptes : Dans ce compte se trouve les grandes entreprises de taille importante avec des exigences en termes de qualité importante.

Le Pôle Relais de croissances : Dans ce groupe se trouve les nouveaux secteurs en développement (Offshoring, centre d'appels, Zone Franche...)

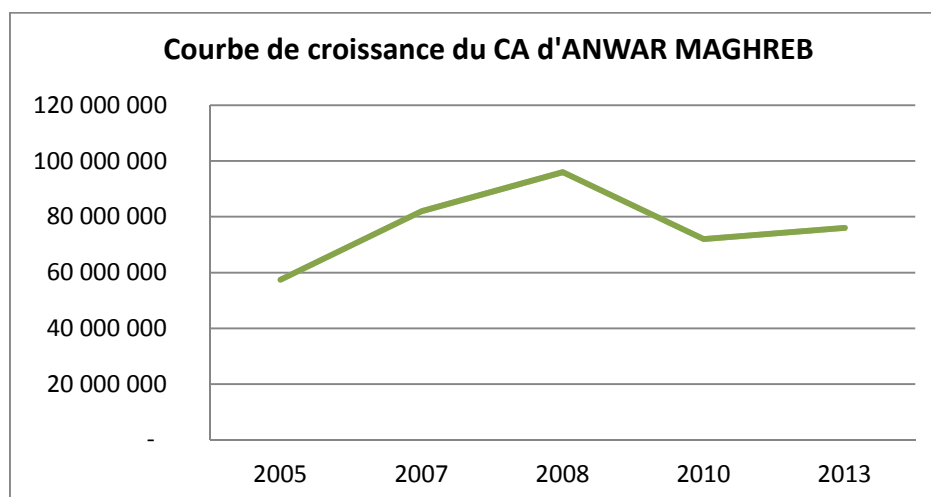
Le pôle OPSP (Offices Publics et Semi publics) : Il s'agit du marché des institutions publiques et des administrations. Ce pôle est très sensible au prix du fait de la budgétisation par l'Etat.

Le pôle PME-PMI : Ce pôle est constitué d'une clientèle de petites et moyennes entreprises. Cette clientèle a une quantité commandée faible.

➤ Analyse de l'activité

Evolution du CA

Figure 2 : Courbe de croissance du CA d'ANWAR MAGHREB entre 2005 et 2013



Le CA d'ANWAR MAGHREB a connu entre 2005 et 2007 une croissance de 30%. Cette croissance s'est progressivement dégradée. L'année 2010 a connu une baisse importante de CA (-34 %) par rapport à 2008. Le CA reste inférieur à 100 millions

DHS avec un taux de croissance moyen de 10,2 %. Les réalisations en 2013 indiquent une reprise de croissance de CA de l'ordre de 20%. L'année 2008 est la seule à dépasser la barre de 90 millions de DHS;

Figure 3 : Analyse de la composition du CA par pôle

Année / Pôles	2008	2013	Evolution
Grand Compte	45 500 000	34 043 100	-25,18
OPSP	23 660 000	22 800 000	-3,63
Relais de croissance	13 650 000	15 200 000	11,36
PME/PMI	8 190 000	5 320 000	-35,04
CA GLOBAL	91 000 000	77 363 100	-14,98

D'après le graphique ci-dessous, le CA global a chuté de 15% entre 2008 et 2013.

Cette chute est due essentiellement au pôle Grand Compte qui représente presque la moitié du portefeuille de l'entreprise et qui a baissé d'environ 25%.

Concernant Le pôle PME/PMI, c'est la catégorie d'entreprise la plus touchée par la crise, le CA de ce pôle a connu une baisse importante de plus de 30% mais vis-à-vis d'ANWAR MAGHREB, son impact n'est pas très ressenti en valeur soit 3 MDH par rapport au pôle grand compte dont le volume de la baisse dépasse les 11 MDH.

Le pôle OPSP a connu une baisse négligeable de 3% car ce dernier dépend du budget de l'Etat défini à l'avance.

Par contre, le pôle relais de croissance a connu une augmentation du CA de 11%. Cette augmentation concerne plus particulièrement les secteurs de l'Offshoring.

➤ Analyse des DAS par la matrice business model

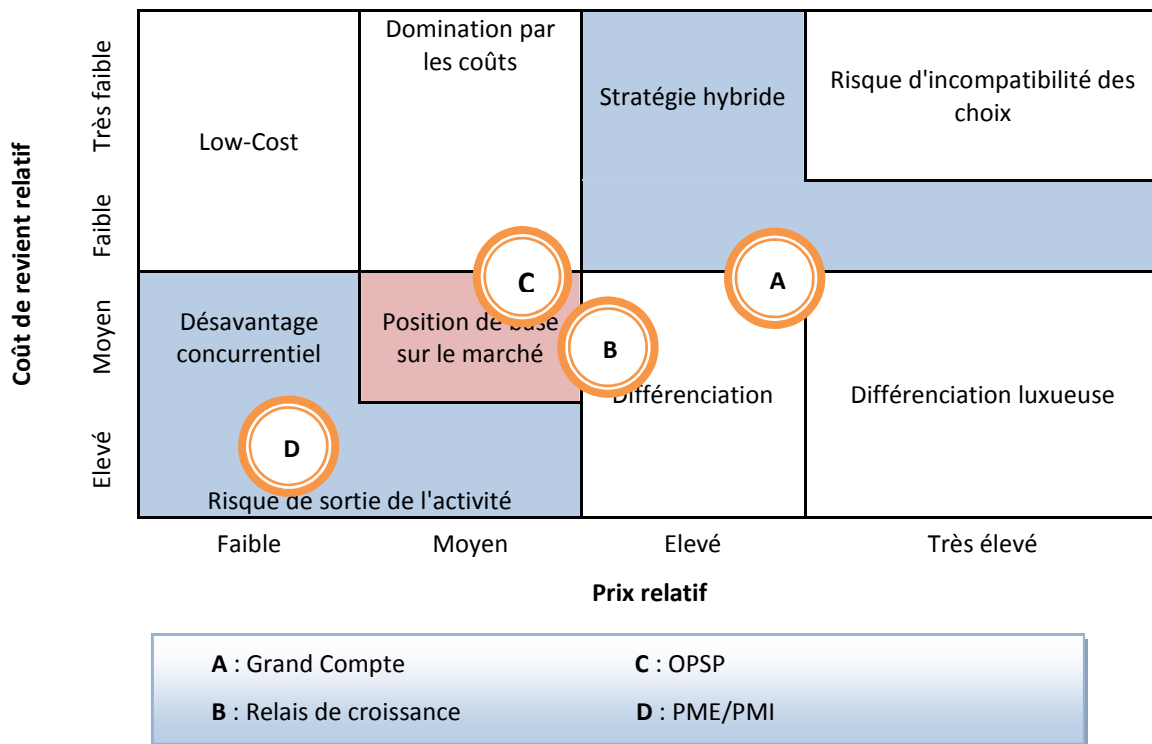
La matrice business model consiste à comprendre le modèle économique de chaque activité, reflété notamment par son positionnement prix et coût.

Sur le DAS A (Grand compte), ANWAR MAGHREB bénéficie d'une image de marque soignée qui lui permet de proposer des produits à des prix élevés par rapport aux principaux concurrents. Cette image est liée au Marketing mais aussi à l'innovation grâce à son bureau d'études et de conception, créé en 2011. ANWAR MAGHREB a su diversifier ses créations en s'engageant dans des concepts inédits pour répondre de manière souple et efficace à de nouvelles exigences d'aménagement. La société est donc assez diversifiée sur cette activité. Parallèlement, ANWAR MAGHREB a mené une vaste politique de maîtrise de ses coûts de production traduite par la formation des opérateurs, l'investissement en machine ou encore la mise en place d'une supply chain intégrée. Sur ce DAS, ANWAR MAGHREB est donc différenciée.

Concernant le DAS B (Relais de croissance) qui connaît un fort taux de croissance, ANWAR MAGHREB n'a pas un souci de prix puisqu'il s'avère assez élevé comparant aux prix de marché, par ailleurs, les coûts demeurent plus ou moins élevés car c'est un nouveau DAS ayant de nouvelles exigences de productions et demandant un effort de créativité assez important. Malgré cela, ANWAR MAGHREB connaît une légère différenciation sur ce DAS à développer davantage.

En ce qui concerne le DAS C (OPSP), une différenciation par les prix est assez difficile compte tenu des appels d'offres. Par contre ANWAR MAGHREB arrive à maintenir un niveau moyen de coût de revient grâce à la capitalisation sur son savoir-faire acquis des autres DAS. Sur ce DAS, ANWAR MAGHREB arrive à maintenir une position de base, on peut représenter ce DAS sur la moyenne du marché.

Et enfin, le DAS D (PME/PMI), où ANWAR MAGHREB n'arrive pas à maîtriser ses coûts de revient car faute de commandes très faibles, elle ne bénéficie pas de l'économie d'échelle sur ce DAS. Aussi, ANWAR MAGHREB ne peut bénéficier d'une différenciation par les prix car les PME/PMI investissent que très peu quant au mobilier et aménagement de bureau. Ce DAS est source de désavantage concurrentiel fort pour ANWAR MAGHREB et présente un risque fort sur l'activité globale de la société.

Figure 4 : La matrice business model de la société ANWAR MAGHREB en 2013

On peut voir à travers cette analyse des business model que le portefeuille des activités d'ANWAR MAGHREB se situe dans une même zone. Il n'y a pas des incohérences majeures entre les business model des différents DAS. Les activités présentent de bonnes synergies entre eux offrant une légitimité pour le client.

Pour les DAS A, B et C l'entreprise doit effectuer d'avantage d'effort pour maîtriser ses coûts de production par rapport à ceux des concurrents. Une telle stratégie permettra d'améliorer le profit dans ces activités.

Concernant, le DAS B, ANWAR MAGHREB pourrait élever un peu ses prix relativement aux marchés pour renforcer son image de marque.

En finalement, nous remarquons que le DAS D représente un risque potentiel pour la performance globale d'ANWAR MAGHREB, elle doit d'urgence revoir sa manière de création de valeur dans ce DAS pour maîtriser les coûts ou bien abandonner carrément ce DAS présentant un désavantage concurrentiel important ayant des conséquences peu favorables sur l'ensemble des activités.

L'utilisation de la matrice des business model permet d'appréhender la performance globale des choix effectués dans chaque activité. Pour ANWAR MAGHREB, nous remarquons la duplication d'un business model premium dans ses différents DAS.

CONCLUSION

La notion business model a connu son essor avec les startups liées aux nouvelles technologies. En effet, les créateurs de ces nouvelles entités avaient l'obligation de démontrer à leurs investisseurs potentiels les mécanismes conduisant à un excellent retour sur investissement. Devant l'impossibilité d'utiliser les données de leur secteur d'activité ou de fournir en exemple des *Success Stories* d'autres organisations, un effort de conceptualisation de ce que serait la future entreprise a été fait à travers une formulation du business envisagé qui est à l'origine du business model.

Le concept business model a connu de plus en plus d'intérêt des chercheurs dans différents champs disciplinaires et principalement dans le champ de la stratégie. Loin d'être un substitut de la notion de stratégie, le business model constitue un outil de réflexion complémentaire, transversal et intégrateur des différentes fonctions de l'entreprise (Xavier lecoq, Benoit Demil et Vanessa warnier, 2006).

La littérature de business model en stratégie a donné naissance à plusieurs modèles, dans cette communication nous avons choisi d'étudier la matrice business model pour l'analyse des portefeuilles d'activités des entreprises.

A travers notre revue de la littérature nous confirmons que cette matrice permet de comprendre le modèle économique de chaque activité, reflété notamment par son positionnement prix et coût. En effet, la matrice business model complète l'approche stratégique traditionnelle par sa facilité d'utilisation et d'opérationnalisation et la renouvelle par son caractère multi-niveaux (DAS par DAS et globale) et sa prise en compte des synergies entre DAS.

Par ailleurs, cette matrice n'est qu'une partie de l'analyse stratégique et doit être complétée par d'autres outils pour donner au stratège une vision plus éclairée sur son organisation lui permettant de prendre les meilleures décisions stratégiques assurant ainsi la croissance et la pérennité de son organisation.

REFERENCES

- [1] Marsanel, R., Ricart, JE, « *From Strategy to Business Models onto Tactics* », Long range Plannig, 2010, pp. 195-215
- [2] Afuah, A., Tucci, C.L., "Internet Business Models and Strategies", McGraw-Hill, Irwin, Boston, MA, 2001
- [3] Alt, R. and Zimmerman, H.D., "Introduction to a special section on business models", *Electronic Markets*, Vol. 11 No. 1, 2001, pp. 3-9.
- [4] Amit, R. and Zott, C., "Value creation in e-business", *Strategic Management journal*, 2001 pp. 493-520.
- [5] Baden-Fuller, C. and Morgan, M.S., "Business models as models", *Long Range Planning*, 2010, pp. 156-71.
- [6] Ban-y, D. and Elmes, M., "Strategy retold: toward a narrative view of strategic discourse", *Academy of Management Review*, 1997 pp. 429-52.
- [7] Bentzen, E., Christiansen, JI. and Varnes, C.j., "What attracts decision makers' attention? Managerial allocation of time at product development portfolio meetings", *Management Decision*, 2011, pp. 1-29.
- [8] Chesbrough, H.W. and Appleyard, M.M. , "Open innovation and strategy", *California Management Review*, 2007, pp. 57-76.
- [9] Chesbrough, H. and Rosenbloom, R.S., "The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies", *Industrial and Corporate Change*, 2002, pp. 529-55.
- [10] Demil, B. and Lecocq, X., "Business model evolution: in search of dynamic consistency", *Long Range Planning*, 2010, pp. 227-46.
- [11] Dequech, D., "Bounded rationality, institutions, and uncertainty", *journal of Economic Issues*, 2001, p. 911.
- [12] Kalling, T., "The business model concept: theoretical underpinnings and empirical illustrations", *European journal of Information Systems*, 2003, pp. 49-59
- [13] Ghazian, A., Ventresca, M.J., "Keywords and cultural change: Frame analysis of business model public talk, 1975-2000" *Sociological Forum*, 2005, pp. 523-559
- [14] Hacklin, F., Wallnofer, M., "The business model in the practice of strategic decision making: Insights from a case study", *Management decision*, 2012 pp.166-188
- [15] Lecocq X., Demil B., " Strategizing industry structure : The case of open systems in a low-tech industry ", *Strategic Management journal*, 2006, pp. 891-899.
- [16] Lecocq X., Demil B.; Warnier V., « Le business model , un outil d'analyse stratégique», *L'Expansion Management Review*, n°123, 2006, pp. 96-109.
- [17] Moyon E., Lecocq X., « Rethinking business models in creative industries: The case of the French record industry", *International studies of Management and Organisation*, 2014.
- [18] Osterwalder A., Pigneur, Y., « Business Model: Nouvelles génération », Pearson France, 2004.
- [19] Penrose, E.T, "The theory of the growth of the firms", Wiley, New York, 1959
- [20] Vestraete T., Jouison – Laffite E., « Business Model pour entreprendre – Le modèle GRP : théorie et pratique », de Boeck, 2009
- [21] Desreumaux A., Lecocq X. Warnier V., « Strategie », Collection synthex, Pearson, 2006.
- [22] Ambrosini V., Johnson G., Scholes K., "Exploring techniques of analysis and evaluation in strategic management", Pearson Education Limited, Harlow, 1998, pp. 205-218.

Construction and Research of the Modern Civil Aviation CBT Comprehensive Laboratory Based on C/S Mode

Shouxi Zhu¹⁻², Wenlai Ma¹⁻², and Guoqiang Mao¹⁻²

¹Flying College,
Binzhou University,
Binzhou, Shandong, China

²Aviation Information Technology R&D Center,
Binzhou University,
Binzhou, Shandong, China

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: From the higher demand of civil aviation development for aviation talents, this paper analyzes the existing problems in civil aviation professional teaching such as teaching facilities and content relatively old, lack of practice time and teaching pattern is unitary. Then, we put forward the method to solve the above problems that using civil aviation CBT comprehensive laboratory. This paper analyzes the hardware composition and the optimizing scheme of civil aviation CBT system, studies the five teaching application platforms of civil aviation CBT software system. So it fully embodies the organic integration between computer aided education technology with the civil aviation professional teaching practice. At last, we discuss the significance of civil aviation CBT system for the modern civil aviation professional education.

KEYWORDS: Civil Aviation, CBT, C/S Mode, Web, Teaching, Training.

1 INTRODUCTION

In recent years, with the rapid development of aviation transportation industry and modern science and technology, the development of civil aviation faces significant changes [1]. As a result, it adopts some new technologies in many aviation fields, such as autopilot, communications, navigation, surveillance and aviation meteorological system. In recent years, some greater changes have also taken place in the type and performance of civil aircraft [2]. The rapid development of civil aviation puts forward higher requirements to the level of training and talents quality and puts forward more challenges to the colleges and universities who service for modern civil aviation personnel training work. These can be found in the selection requirements and examination of aviation employers for graduates [3].

With the development of computer technology, as an emerging interdisciplinary, CBE (Computer Based Education) has been widely used in Education [4]. As a kind of teaching method, the CBT (Computer Based Training) teaching is developing rapidly in recent years, which has been widely applied in all kinds of training areas [5]. CBT teaching is mainly using multimedia means such as images, voice, text, and simulation operation to create a intuitive and real training environment for students, and to provide a interactive operation that close to the real, make the students has immersion experience in the process of training and then enhance the training effect.

Using CBT system in civil aviation professional teaching can largely improve the lack of practice teaching in the physical teaching and training, greatly shorten the learning time, and improve the learning effect. As a result, provide the basic theory and practical ability for the further practical training [6]. Based on the concept of CBT, we constructed a modern civil aviation CBT comprehensive laboratory based on C/S mode, built a modern civil aviation professional education platform which with the combination of theory and practice, classroom teaching and real training. By using virtual reality technology, this

laboratory can carry out the flight simulation training, aircraft engine simulation troubleshooting and all kinds of cognitive experiment. It also can be used as a platform for the students' autonomous learning, which can stimulate students' interest in learning, cultivate the sense of responsibility, and improve students' practical ability, independent analysis and problem solving ability, innovative thinking ability and the ability to integrate theory with practice. This can make the students to consolidate and enhance their professional knowledge in the integrated use of this laboratory, expand students' knowledge and comprehensive quality in an all-round way.

2 PRESENT PROBLEMS EXISTING IN THE CIVIL AVIATION PROFESSIONAL TEACHING

At present, there are only a dozen colleges in china that training civil aviation talents in higher education, which level is uneven. Practice teaching, especially the civil aviation professional teaching cannot completely meet the needs of development of civil aviation and civil aviation employers. Besides the teachers level, there are many common problems in these colleges.

2.1 PRACTICE TEACHING FACILITIES AND TEACHING CONTENT IS RELATIVELY OLD

The investment of civil aviation experimental training equipments is huge. Under the condition of limited fund resources, generally, the colleges and universities can only buy a few relatively classic experiment equipments, the update speed of the equipments is slow which can't keep up with the civil aviation development [7]. The problems of single equipment function and poor quantity, on one hand, cannot guarantee the actual operation for many students at the same time, there is no enough training time for the students; On the other hand, in order to guarantee the teaching schedule, there are almost observe and verification experiments, the contents are relatively old, the comprehensive and design experiments cannot effectively carried out.

2.2 CLASS TIME CANNOT FULLY MEET THE NEEDS OF PRACTICE TEACHING TO COMPLETE

Although the civil aviation experimental practice occupies a larger proportion in the professional talent cultivation plan in many colleges, but within the limited class time, the time that the students can operate independently is still less. As a result, for many students, a lot of practice can only from the textbook on abstract understanding, In case of insufficient practice time, the practical teaching effect cannot be guaranteed.

2.3 TRADITIONAL PRACTICE TEACHING MODE CANNOT GET GOOD TEACHING EFFECT

Due to the lack of experimental equipment and the level of teachers, the practice teaching generally take the method that the teacher adopt simple explanation and operation on equipment then the students independent grouping experiment after observational learning. In many experiments, the students can only take part of the operation and unable to understand the whole experiment. In addition, some experiment equipments and operation have certain risk, so the students cannot preview before class and review after class on the experimental equipment independently. This single teaching mode makes the students lack of interest in practice and the effect is unsatisfactory.

Remote laboratory and virtual laboratory is a hot spot in the development of modern education technology [8], the civil aviation CBT comprehensive laboratory is the organic combination of remote virtual laboratory and real laboratory, so it is an effective way to solve the above problems.

3 HARDWARE OF CIVIL AVIATION CBT SYSTEM

3.1 WHOLE STRUCTURE OF HARDWARE SYSTEM

CBT system uses the C/S mode, through the LAN facilities, we built a network, digital experiment teaching system. The whole hardware system consists of a server (instructor side) and multiple customer terminals (students side). They work together to accomplish the work of local experiment. At the same time, the system can also be formed a distance learning and training platform through internet technology [9], the model of CBT system is shown in figure 1.

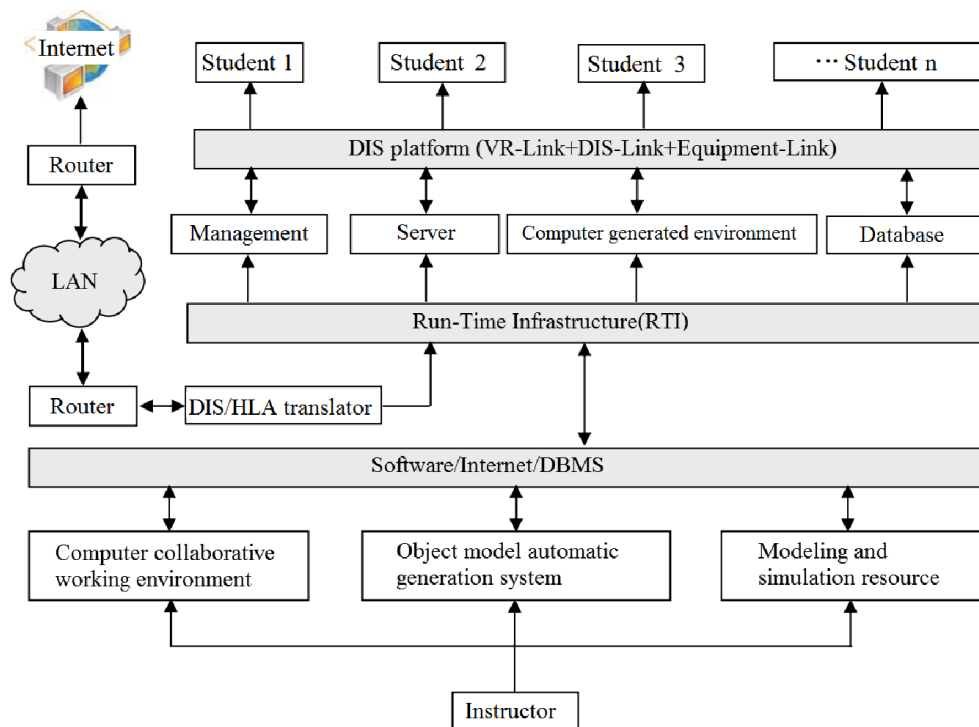


Fig. 1. Model of The Modern Civil Aviation CBT Integrated System

3.2 HARDWARE CHOICES

If we want to construct a civil aviation CBT comprehensive laboratory, we need at least the following hardware devices.

- A high performance server, which based on the large capacity disk array storage technology and high-speed performance optimization system.
- A set of network components system, which based on high-speed data transmission and global load balance optimization.
- One master control computer (for teachers) and some terminal computer (for students), the exact amount depends on the lab area. The computer that used in CBT system should choose the computer with great graphics image processing function, in order to meet the requirements of all kinds of virtual experiment.
- A set of multimedia teaching system (including projectors, multimedia console, electric curtain, sound system, etc.).

3.3 HARDWARE SYSTEM OPTIMIZATION

In order to adapt the characteristics of CBT system, such as large data storage capacity, high-speed transmission of real-time, security and strong anti-catastrophic requirements, in the system development process, many aspects, including data storage, data communication, data exchange and other hardware performance have been optimized .

- Large-capacity high speed disk array storage technology and performance optimization

The large number of multimedia files interactive and powerful scalability of the CBT system puts forward high demands on disk capacity and performance. The CBT system uses a RAID 0+1 standard, by continuously segmentation data in bits or bytes, concurrent read/write multiple disks to achieve high data transfer rate. At the same time, through disk mirroring technology to increase system data reliability, through network-attached storage support to further improve the efficiency and stability of data exchange.

- High-speed data transmission based on wire-speed switching technology,

We use wire-speed switching technology to achieve high-speed data transmission, complete protocol analysis and packet forwarding through a dedicated hardware, which makes the data streams of multiple switch ports can be processed simultaneously. That can improve the data transmission efficiency significantly.

- Streaming technology and global data transmission load balance optimization

Using streaming technology, we can achieve the media files online access. In order to deal with the network congestion caused by multiple users access the same media files at the same time, the system uses a global load balancing technology [10], combined with a network-attached storage, we can minimize I/O channel throughput due to server limit caused by network congestion.

- Information security management and network optimization

The system combines hardware development of router and specialized network management software to achieve the management of all computers internet applications in the system, including restricting access network time, type and so on. Through a combination of hardware and software disk encryption, disk file virus monitoring and scanning, message encryption technology and firewall technology to maximize the system security.

4 TEACHING APPLICATION PLATFORM OF CIVIL AVIATION CBT SYSTEM

Civil aviation CBT system is the organic integration of modern computer aided education thoughts and technology with the civil aviation professional teaching practice, the software system including five teaching application platform, respectively are professional education platform, simulation training platform, quality expand platform, teaching management platform and system management platform, as shown in figure 2.

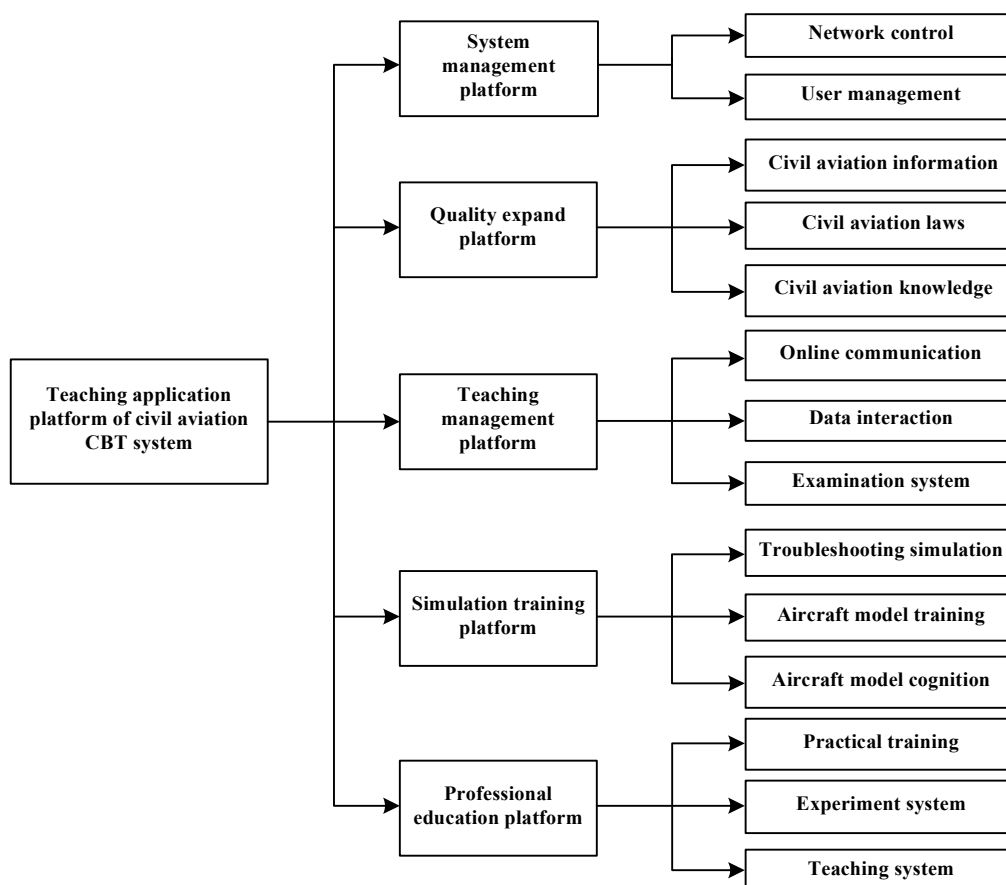


Fig. 2. Teaching Application Platform of Civil Aviation CBT System

4.1 PROFESSIONAL EDUCATION PLATFORM

Professional education platform including two forms of Chinese teaching and bilingual teaching, including three big modules, respectively are practical training system, experiment system and teaching system. Professional education platform collection of all the theory courses that the aviation professional education needs, including electronic teaching materials, courseware, teaching plan and teaching programme. Based on the professional talent cultivation plan and the industry standard, the platform integrates all kinds of practice teaching resources, including the various experiments, training schemes, experiment teaching syllabus and so on. Three big modules jointly build a modern civil aviation professional education platform with the combination of theory and practice, classroom teaching and training. This platform fully embodies the characteristics of civil aviation professional educational system and ideas that can help students build a scientific and complete professional knowledge structure.

4.2 SIMULATION TRAINING PLATFORM

Simulation training platform includes aircraft model cognition, aircraft model training and troubleshooting simulation three modules. The module of aircraft model cognition and aircraft model training provides almost all details of the mainstream aircraft models in the world today, can make students form system and perfect models knowledge. Powerful and perfect computer assisted training is the essence and core of the modern civil aviation CBT software system [11], through computer simulation and virtual reality technology, the system developed the virtual prototype of B-737 and A320 two mainstream models and PW4000 aeroengine. Through fault modeling and simulation on the highly realistic panel, the students can independently do troubleshooting operations training that can solve the problems of practical maintenance training models, such as large investment and fewer sets. In addition, the system also makes full use of the aviation training resources on the network (AVSOFT), integrated the Boeing MPT and Airbus AIRMAN software into the system [12], make troubleshooting training more conform to the industry demand. The content of simulation training platform is step by step and the virtual troubleshooting training more close to reality, so as to get the best training effect as much as possible.

4.3 QUALITY EXPAND PLATFORM

The development of modern civil aviation tends to have more diversified demand for talent, so the civil aviation personnel should have a broad knowledge and a good comprehensive quality. In addition, the comprehensive understanding of industry knowledge is a key way to stimulate students' interest in learning, cultivate the sense of responsibility, consolidate and improve the professional knowledge. According to the needs of teaching and quality requirements for civil aviation talents, the system built the modern civil aviation quality expand platform. The content covers aircraft models knowledge, civil aviation knowledge, civil aviation laws and regulations, civil aviation books and materials, and other function modules. In file storage, information retrieval, multimedia reading and other aspects, the system also does some development work, makes the reading and use more convenient, fast and practical, and has formed a small and online browsing "library" of civil aviation.

4.4 TEACHING MANAGEMENT PLATFORM

Teaching management platform contains examination system, data interaction and online communication three big modules. Including the following function modules: course management, courseware management, pre-course reading/review after class, experimental teaching management, teaching files management, item bank management, automatic examination paper generating, examination paper management, results management, online communication and data interaction. Those function modules are rich in content and have full function which can effectively improve the efficiency and quality of teaching, management and service work.

4.5 SYSTEM MANAGEMENT PLATFORM

As an open and networked computer assisted education system, system security and efficient operation is the necessary premise. Therefore, the system developed system management platform which including user management, network settings, database maintenance and other function modules. It can help the administrator to complete the effective management of all teachers and students users, ensure the data security and reliable operation of the system.

5 MEANING OF CIVIL AVIATION CBT SYSTEM FOR CIVIL AVIATION PROFESSIONAL TEACHING

Civil aviation CBT system is not only a open experimental comprehensive teaching system based on network, but also a complete civil aviation professional teaching and management system for colleges and universities. It integrates computer aided teaching and engineering simulation training into a system and makes almost all teaching activities can be conducted on this system.

5.1 IMPLEMENTATION OF MOBILE LEARNING ANYTIME AND ANYWHERE

Almost all electronic teaching materials of civil aviation professional courses are integrated into the CBT system, these electronic teaching materials are connected through headings, navigation, and indexing query. Students can achieve mobile learning anytime and anywhere through the network, so it can facilitate the implementation of preview and review of the theory courses and experiment, and greatly expand the learning space and time of students.

5.2 EFFECTIVELY IMPROVE THE PRACTICE TEACHING EFFECT

Compared to the actual aircraft troubleshooting laboratory which less models and relatively backward functions, the aircraft troubleshooting simulation training platform can reproduce almost all mainstream common fault of the aircraft, it integrated with plenty of practical experience in troubleshooting, and can be convenient to upgrade and update. Therefore, it can follow the development of civil aviation. Students can practice under the guidance of "virtual instructor", so as to stimulate the students' interest in learning, enhance the students' learning autonomy. Troubleshooting simulation can be an effective supplement to actual aircraft troubleshooting training and can greatly improve the effect of practice teaching.

5.3 TEACHING MANAGEMENT REFLECTS THE PEOPLE-ORIENTED

The system provides an advanced examination management system and platform, greatly reduced the workload of class management, prepare a lesson, formulate an examination paper, results analysis and so on. Also, it can make the student self-test become more convenient and independent. Teaching interactive and communication online features provide an open and advanced platform of remote communication for teachers and students, students and students, school and out-school. So the teaching management is more people-oriented and more in line with the teaching rule.

5.4 QUALITY EXPAND IS MORE ADAPT TO THE DEVELOPMENT OF CIVIL AVIATION

The powerful database supports of system can convenient provide civil aviation professional information in vast amounts. The broad and rich industry knowledge can stimulate students' interest in learning, cultivate their sense of responsibility. Students can continuously consolidate and improve in the integrated use of professional knowledge. The knowledge base and comprehensive quality of the students can get a comprehensive development and can greatly enhance the value of civil aviation talents cultivation.

6 CONCLUSION

In Flying college of Binzhou University, the civil aviation CBT comprehensive laboratory has been built and run for nearly six years. Through constantly upgrade and modification of CBT system, its function is constantly improving, and playing an increasingly important role in talent training of our college. However, it is important to note that the civil aviation CBT system is an autonomous learning, simulation practice and comprehensive diathesis developing platform, the virtual experiment and practical application is feasible in all kinds of cognitive experiment or initial training, but it cannot fully replace the actual experiment or training operation. If we just want to reduce teachers' workload or enhance the utilization ratio of the CBT lab and arrange many practical experimental in CBT laboratory, the experimental results cannot be guaranteed. CBT system is an integrated learning platform. Only the correct use of civil aviation CBT system, can it play a greater role in the cultivation of civil aviation talents.

ACKNOWLEDGMENT

This research was financially supported by key experimental technology research project of Binzhou University (Grant NO.BZXYSYXM201401, BZXYSYXM201302).

REFERENCES

- [1] Kearns Suzanne, "Online Single-Pilot Resource Management: Assessing the Feasibility of Computer-Based Safety Training," *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 21, no. 2, pp. 175-190, 2011.
- [2] H. M. Cuevas, "Fiore SM.Enhancing learning outcomes in computer-based training via self-generated elaboration," *Instructional Science*, vol. 42, no. 6, pp. 839-859, 2014.
- [3] Y. Wang, "Type training innovation caused by Maintenance Training Device," *Aviation Maintenance & Engineering*, no. 4, pp. 28-293, 2010.
- [4] A. Bolstad Cheryl, R. Endsley Mica and M. Costello Anthony et al, "Evaluation of Computer-Based Situation Awareness Training for General Aviation Pilots," *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 20, no. 3, pp. 269-294, 2010.
- [5] D. C. Kraus and A. K. Gramopadhye, "Effect of team training on aircraft maintenance technicians: computer-based training versus instructor-based training," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 27, no. 3, pp. 141-157, 2001.
- [6] S. Guan, "Development of the CBT Courseware for the Maintenance of the Boeing 757 Aircraft," *Journal of Civil Aviation University of China*, vol. 19, no. 2, pp. 48-51, 2001.
- [7] Y. Yao, GH. Su and LP. Feng, "Construction of Network Virtual Laboratories for Engineering Majors," *Research and Exploration in Laboratory*, vol. 32, no. 5, pp. 212-215, 2013.
- [8] H. Zhao and ZC. Li, "Construction and implementation of network virtual laboratory system based on B/S," *Experimental Technology and Management*, vol. 32, no. 5, pp. 212-215, 2013.
- [9] Y. Wang, GL. Li and YJ. Ying et al, "Constructing virtual laboratory based on network and deepening reform of modern experiment teaching," *Experimental Technology and Management*, vol. 27, no. 9, pp. 85-88, 2010.
- [10] J. Yang, M. Qi and WJ. Yang, "Construction and Teaching of Aviation Maintenance Practice Platform Based on Network," *Experimental Technology and Management*, vol. 33, no. 8, pp. 282-286, 2014.
- [11] JW. Xu and M. Zhao, "Boeing's Maintenance Performance Toolbox," *International Aviation*, no. 9, pp. 68-69, 2010.
- [12] Z. Gu, "Airbus Digital Troubleshooting and Maintenance Management Software AIRMAN," *Aviation Maintenance & Engineering*, no. 6, pp. 39-41, 2005.

Pleasure in the design of printed upholstery fabrics and its impact on human behavior

Sahar AHMED

Textile Printing, Dyeing and Finishing Department, Helwan University, College of Applied Arts, 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: Design research literature refers to pleasure as a product benefit that exceeds just proper functioning. In other words, pleasure is an emotional benefit that supplements product functionality.

So this research is interested in studying the different types of pleasures in designing upholstery fabrics and the objective measurement of the pleasure influence of designing printed furnishing fabrics on the user's attitude, which is through survey using questionnaire that contained a range of items.

The result of the study indicates that there is a relationship between the different pleasures in designing furnishing fabrics and behavior change because those pleasures address the feelings that are quickly affected the behavior of the user.

KEYWORDS: Pleasures, human behavior, Arabic calligraphy, printed upholstery fabrics.

1 INTRODUCTION

Traditionally, human factors have tended to concentrate on making products 'usable'-focusing on utilitarian, factional product benefits. Manufacturers increasingly see usability as an area where they can gain advantages over their competitors. This contrasts with the technical side of product development. Many manufacturing processes have now become so sophisticated that any advantages to be gained over competitors in terms of, say, price or product reliability are likely to be marginal. It could be argued, then, that as the users' representative in the product creation process, the human factors specialist should consider not only usability, but also other issues that affect how pleasurable a product will be to use.

The study "Emotional Value Of Applied Textiles" (December 2010) focused on furniture fabrics and related product, also conducted within design research – more specifically the area of textile design – and relies on the areas of design research that concentrate on emotional aspects of design and the traditions of Participatory Design.

This paper looking at the issue of 'pleasure' in **the design of printed upholstery fabrics** use and the impact on the user behavior.

1.1 RESEARCH PROBLEM

Does the different types of pleasures in designing upholstery fabrics, contribute in amending the human behavior positivity?

1.2 RESEARCH OBJECTIVES

The objective measurement of the pleasure influence of designing printed furnishing fabrics on the user's attitude, which is through survey using questionnaire that contained a range of items measuring the user's reaction against the proposed designs and their impact on the behavior. The sample size reached 45 person.

1.3 RESEARCH HYPOTHESES

The research assumes that:

- 1-focusing on various types of pleasure in designing upholstery fabrics can affect human behavior.
- 2-relying on exploratory studies helps in providing design that fulfill the user's wishes.

1.4 RESEARCH METHODOLOGY

Research depends on the following methods:

Descriptive analytical method: in studying the different types of pleasure in designs of printed upholstery fabrics.

Experimental method: in innovating range of designs suitable for printing upholstery fabrics, it should focus on one of aspect of pleasures and measure its impact on user behavior.

2 PLEASURE

The Oxford English Dictionary defines Pleasure as "the condition of the consciousness or sensation induced by the enjoyment or anticipation of what is felt or viewed as good or desirable ; enjoyment, delight, gratification. The opposite of pain (Holt & Lock, 2008,1) . In the context of products, pleasure can be defined as pleasure with products: The emotional, hedonic and practical benefits associated with products (Patrick, 2000,12).

Practical benefits are those that accrue from the outcomes of tasks for which the product is used.

Emotional benefits are those pertaining to how a product affects a person 'mood .using a product might be for, exciting, interesting, fun, satisfying, or confidence enhancing.

Hedonic benefits are those pertaining to the sensory and aesthetic pleasures associated with products.

It a sense this definition is a "catch all". Indeed, it is intended as such. Pleasure – based approaches to product design can be seen as approaches that consider the all of the potential benefits that a product can deliver. (Patrick, 2000,12).

According to (Damasio, 2000) pleasure is intimately related to emotion, but it is not an emotion .Pleasure can be associated with many different positive. It is an innate quality of some emotions. It can be a trigger or a constituent for emotions.

2.1 THE FOUR PLEASURES: A FRAMEWORK FOR CONSIDERING PLEASURE WITH UPHOLSTERY FABRICS

The anthropologist Lionel Tiger had developed a framework for addressing pleasure issues, the framework models four conceptually distinct types of pleasure : physical, social, psychological and ideological. .(Tiger, ,1992,53-60).

2.1.1. PHYSIO – PLEASURE is to do with the body and with pleasures derived from the sensory organs . They include pleasures connected with touch, taste and smell as well as feelings of sensual pleasure. In the context of products , Physio – Pleasure would cover , tactile and olfactory properties. Tactile Pleasure concern holding and touching a product during interaction. Olfactory Pleasure concern the smell of the new product.

For instance, as in figure (1), which is one of the designs that give physiological pleasure to the user through the different textures (protruding and hollow), while in figure (2) the physiological pleasure is achieved through the difference of texture, the feeling of pleasure and physiological enjoyment can also be found in furnishing fabrics through Finishing the textiles with aromatic substances like lavender, roses ,and jasmine.

2.1.2. SOCIO– PLEASURE is the enjoyment derived from relationships with others.

As we see in figure (3) , which transport the user to a higher social standard , as it have the quality of the appearance , luxurious look , and rich colors as the printed ikat gives the impression of a high social level.

2.1.3. PSYCHO– PLEASURE pertains to people 's cognitive and emotional reactions. In the case of products, this might include issues relating to the cognitive demands of using the product and the emotional reactions engendered through experiencing the product. (Patrick, 2000,14).

As in figure (4), which express new life into classic patterns.

2.1.4. IDEO— PLEASURE pertains to people 's values. In the context of products it would relate to the aesthetics of a product and the values that a product embodies . A potential source of Ideo pleasure to those who are particularly concerned about environmental issues(Patrick, 2000,14). Ideo pleasure would also include the idea of products as art forms. As in figures of 5 to 10(Patrick, 2000,14).



Fig. 1. physiological pleasure through the difference of fell between protruding and hollow.

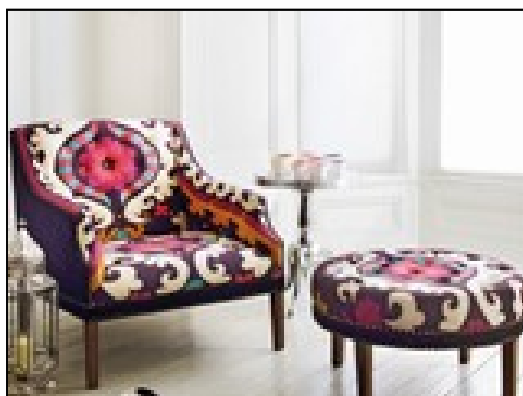


Fig. 2. physiological pleasure is achieved through the different textures in fabrics

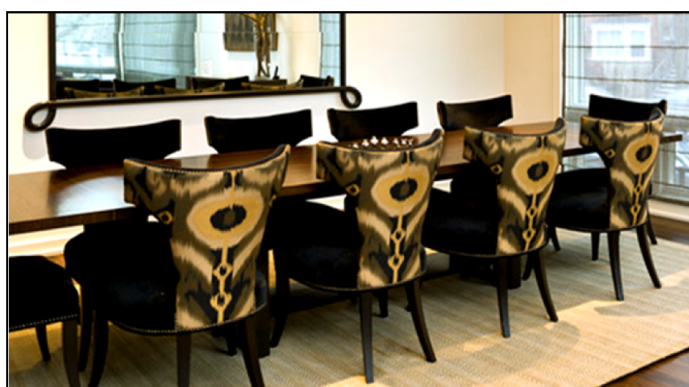


Fig. 3. The backs covered in a sophisticated Ikat print

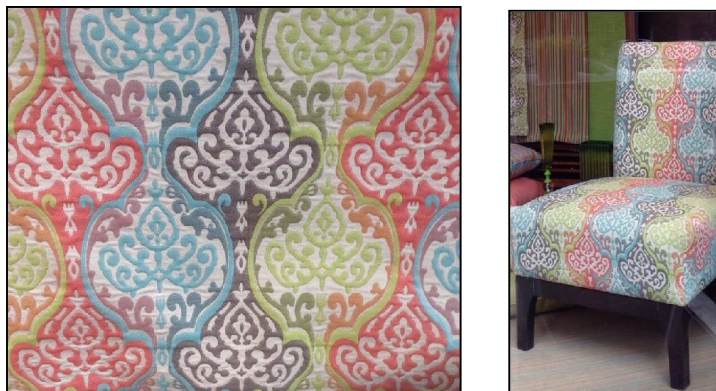


Fig. 4. *Psychological Pleasure we breathe new life into classic patterns*



Fig. 5. *Casual fabrics in indigo and olive cloak the seats and the backs, providing a wonderful contrast to the ladylike frames and turning the classic composition on its ear.*



Fig. 6. *The Pink – meets-Yellow color scheme would n't harmonize. The print draws the disparate hues together, and limiting it to the chair backs keeps it from overwhelming the space*



Fig. 7. This desk chair would be plain and unassuming. That small touch of pattern transforms it into a one-of-a-kind gem.

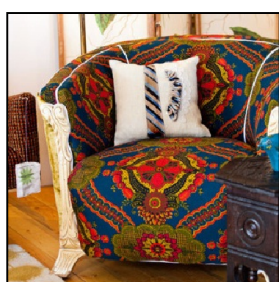


Fig. 8. Fabric does n't have to be for furniture; it can also be art.



Fig. 9. Aesthetic pleasure of colors



Fig. 10. The Patchwork design, which is close to the collage style in cubism school during the 20th century.

This division of the pleasure helps the designer to take into accounts these sides, but his design should not cover the various sides of pleasure, instead it should focus on one of these sides.

2.2 PARTICK JORDAN DESCRIBED THE FOUR PLEASURES AS : (BANG, 2010,132).

Pleasure	Description	Direction
Physio – Pleasure	Physical aspects of product use	The senses Touch, taste, smell and sensual pleasure
socio– Pleasure	Our relationships with other people in a broad sense	Status and image Social interaction
psycho– Pleasure	Usability	Emotional reactions
Ideo– Pleasure	Values and aesthetics	Taste and ambitions

2.3 PLEASURE AND EMOTIONS

The concept of affect refers to a large variety of psychological states such as emotions, feelings, moods, sentiments, and passions. Each of these affective states varies in duration, impact and eliciting conditions. Of these states, emotions are most relevant for product experience because only they imply a one-to-one relationship between the affective state and a particular object: one is afraid of something, angry at someone, happy about something, and so on. The other affective states, such as feelings and moods, do not involve a specific object. For example, a moody person will find it difficult to pinpoint the exact cause of his mood. In the study of affective reactions to products, the object, i.e., the product, is the starting-point. Subsequently, the model of product affect presented in this paper focuses specifically on emotions.

The place of pleasure in emotions is debatable. Both the propositions that pleasure is an emotion, and that it is not, are defensible. On the one hand, pleasure is an emotion if it is merely used as an equivalent of 'fun' or 'enjoyment'. In this connotation pleasure is included in many of the taxonomies of emotions found in literature. On the other hand, this view on pleasure seems to be rather narrow for the current application. Design research literature refers to pleasure as a product benefit that exceeds just proper functioning. In other words, pleasure is an emotional benefit that supplements product functionality. In this sense, pleasure covers all pleasant emotional reactions, of which the experience of fun is just one example. Valence (a bipolar ranging from pleasant to unpleasant) is a dimension frequently discovered in scaling procedures of emotion terms. If pleasure is regarded as a dimension of emotions, it can be used to describe emotions, but it is not an emotion as such. This notion befits everyday experience: one never feels pleasant as such. One feels happy, cheerful, surprised, inspired, etc. Although each of these emotions might be pleasant, that does not make pleasantness an emotion. Therefore, in the light of this paper, pleasure is defined as any pleasant emotional response elicited by product design.

It might seem difficult, if not impossible, to find general relationships between product appearance and emotional responses because emotions are essentially personal. Nevertheless, although people differ in their emotional responses to products, general rules can be identified in the underlying process of emotion eliciting. A view that distinguishes such general rules is the cognitive view on emotions (Desmet& Hekkert, 2002, 2).

3 HUMAN BEHAVIOR

The human behavior is known by the actions and activities that come from the individual, whether it was apparent or not.

Other people know it as any activity produced by the human whether it was actions that can be noticed and measured like physiological and motional activities, or unnoticeable activities such as thinking, remembering, etc.

Behavior is not fixed instead it changes , it does not happen in emptiness but in a certain environment , it may happen unconsciously and automatically like breathing , or may happen intentionally and consciously .this behavior can be learned and is affected by environmental factors and the surrounding that the individual lives in .

3.1 BEHAVIOR TYPES

Response behavior and procedural behavior are the two types of behavior.

3.1.1. RESPONSE BEHAVIOR: is the behavior that is controlled by the proceeded incentives, once the incentives happen, the behavior follows, these incentives that precede the behavior called the previous incentives.

The response behavior is impervious to the incentives that follows which is more close to the unintentional behavior, this behavior is fixed but the incentives are the one who change.

3.1.2. PROCEDURAL BEHAVIOR: is the behavior, which is determined by environmental factors like economy, social educational, religious, geographic factors, etc.

The procedural behavior is also governed with its outcomes, as the dimensional incentives may weaken the procedural behavior or strengthen it, it also may not have any significant effect, and we can say that the procedural behavior is closest to being a conscious behavior. (Alvesvos,2006, <http://www.minshaw.com/other/fasfous2.htm>)

3.2 MOTIVES OF HUMAN BEHAVIOR:

The motive is the driving power of the activity and the behavior, whether this behavior was mentally or motionally, i.e. the motive is a physiological and psychological state within the individual that makes him do certain type of behavior in a specific direction, motives aim to reduce tension in the human and release him from the imbalance.

In (1908-1970) the scientist Maslow formulated his theory about human motivation in which he attempted to create a coherent pattern that explains the motive's nature or the needs that moves and form the human behavior, Maslow assumes that the needs or the motives are arranged in (hierarchy), in terms of priority and prepotency, so when the most important, strongest and the most urgent are saturated the following needs also demand saturation, and when saturated, we have stepped up a higher grade on the scale of the motives. Thus, until we reach its peak.

These needs and motives are described by Maslow according to its priority:

1. Physiological needs: such as hunger, thirst and the needs that serve the biological needs directly.
2. Safety needs.
3. Belonging needs , love and making relationships within community.
4. Esteem needs, respect and sense of internal self-value.
5. Meta-needs and self- actualization:

Self-actualization indicates that the person needs to use all his abilities and talents, and to achieve all his hidden potentials and develop them to the most possible extent he can reach. The need of self-actualization includes seeking forward values and higher goals such as exposing the truth and creating beauty.

After achieving self-actualization, two types of needs and motives are left, which are epistemic needs and aesthetic needs. (Alzuaiber, <http://faculty.mu.edu.sa/ialzuaiber/Maslow>).

Desmet and Hekkert assure that the function of the feelings is to organize the attitude in a way that would benefit the individual, which mean that the feelings would inspire good incentives and distance us of bad incentives.



Fig. 11. Maslow's hierarchy for Human needs

4 APPLIED STUDY

A researcher sees that the use of Arabic letters with all its artistic forms can confirm the Arab cultural identity and gives pleasure in dealing with the product, where in Arabic calligraphy there's a duplication of meanings and forms, the wisdom harmonize with art, and the interest meets beauty.

The Arabic writing are not just symbols and technical specifications, in addition to that it is an intellectual approach and attitude, imagine a whole version with a unique civilized experience, whoever speaks a language thinks in it, as it carries out in it experience, expertise, wisdom, foresight of its own people, and also their life philosophy. It is a mean of thinking as it is a mean of expression.

The Arabic font has fascinated the pioneers of the East all over the world, it is characterized with good shape and beauty of its architecture, that's why this calligraphy has been used in different purposes, most notably in writing the holly Quran and decorating mosques, shrines, and building, the Islamic civilization was the most prominent factor in strengthening its inception and developing it.

The aesthetic influence of Arabic calligraphy art was moved to some of the Egyptian contemporary artists as a source of new inspiration and fertile field to the work of art, and it was the cause to raise their creativity to innovate artistic works with new formative formulas.

Wherefore this research relied on letters and words from the creation of some artist "Reham Mohsen", then organize them in combinations and new formations. It has been used to make printed designs for upholstery fabrics in different repeated ways, based on new patterns with aesthetic elements, these elements are achieved as a result of the designer's ability to use designing terms like decorative units, raw materials, and the product relation with the place and the right effects and color.

4.1 DESIGN NO. (1):

The design depended on magnifying the main unit (Aman=safety) as a sort of sovereignty in the design, this sovereignty also appeared in the Islamic Star by putting it in an isolated part from the design with many other parts of the rest of the design, so the isolated part prevails visual sovereignty achieved by the spatial isolation.

The distribution of the word (Aman) came on a circular curve with diversity in space and direction, which gave a kind of centralized distribution, the lighting came from the center of the circle assured this centralization.

The design give psychological pleasure resulted from the use of traditional unit like the Islamic Star and the patchwork of the letter (ا) (A) in the word (Aman), which added an ideological and cultural meaning to the design. These units express nostalgia, it also may cause pleasure. No doubt that the feeling of pleasure have a significant impact on the human behavior and his psychological balance.



Design No. (1)

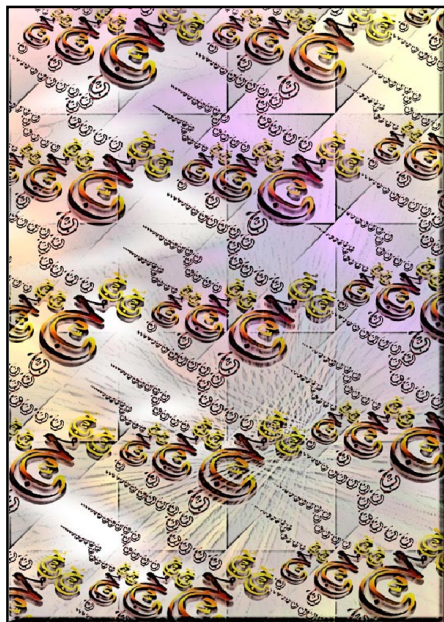


Suggested usage

4.2 DESIGN NO. (2):



The word (Hob=Love) was distributed gradually in the workspace in diagonal direction on a background of mixed colors which gave the feeling of free space, and worked on strengthening the sensory effects. The colors served as a very important part of the sensory perception and contributed in assuring the rhythm and gave the illusion of depth through the hierarchy of colors, between dark colors and lights colors. This design is one of the designs that give physiological pleasure to the user by the contrast of textures between prominent and hollow.



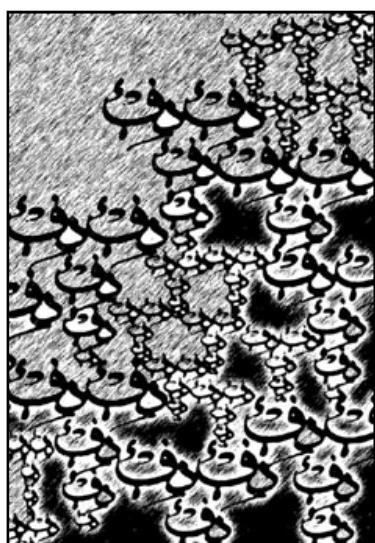
Design No. (2)



Suggested usage

4.3 DESIGN NO. (3)

This design relied on the contrast that resulted from the black color, which gives the feeling of depth, distance, and the white color, which gives the feeling of widening, closeness, which achieve color balance in technical formation. The increasing of lighting whenever approaching the word (Daffa=Warmth) , the way of handling the ground with textures and effects worked on clearing it and achieving artistic beauty. The physiological pleasure can be achieved in this design by the contrast in textures, between prominent and hollow, and the feeling of pleasure and physiological pleasure in furnishing fabrics is through finishing the textiles with aromatic substances such as lavender, roses and Jasmine.



*Design No. (3)**Suggested usage***4.4 DESIGN NO. (4)**

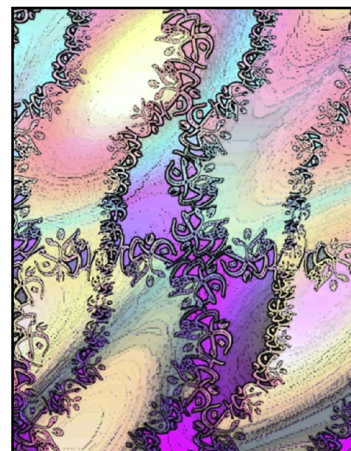
This design depended on the change of letters space besides overlapping and transparency which gave the feeling of diversity between the work parts. The diversity also appeared between the line spaces, its colors, and the background of each part which increased the sensory effects when reading the artistic work. Realizing the part visually through realizing the tentacles without the need to assure the tentacle through the sense of touch with hands.

The design combined between the soft and the coarse touch, a positive emotion between the user and the design generate of this, and by repeating visual perception the positive emotion increased between them.

*Design No. (4)**Suggested usage***4.5 DESIGN NO. (5)**

The word (wajdan= sentiment)  is distributed as a wavy ribbons and characterized with shadowy soft texture as a result of color gradation. Changing in its direction caused unusual kinetic energy. The use of light colors in the background give the opportunity to draw the word in dark colors which gave the feeling of high variability between the form and the background. The overlapping value that gives significant of the depth, because the part that overlaps on the other is closer to the spectator than the part in which a side of it disappear.

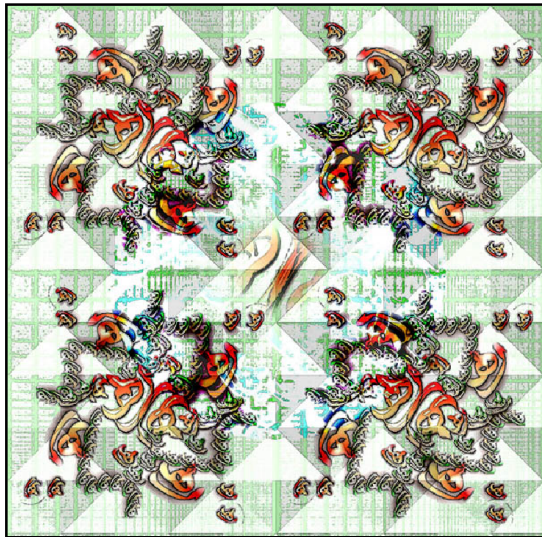
The design can also achieve social pleasure resulted from the rich shapes and colors which moves the user to look forward a higher social standard. The relationship between the design and the place, the colors effects, the lighting, and the contrast between the violet color and the white helps that.

*Design No. (5)**Suggested usage***4.6 DESIGN NO. (6)**

The individual letter is used and formed with different formations to preserve the value of the letter and its circular lines wrapped around itself. The feeling of depth appeared as a result of using shadows around some of the (Alha) ه letter, which gave the illusion of the emergence of some of it, diversity, and artistic richness.

The design achieves aesthetic pleasure through the colors, the shapes and its repetition, and the way of treating the background.

The aesthetic pleasure is considered as one of the most pleasures that addresses the passion and the sentiment of the user, that is due to the nature of the shapes and colorimetric formulas which moves the feelings of the user, so it can organize his behavior in a way that benefits him and push him to good incentives.



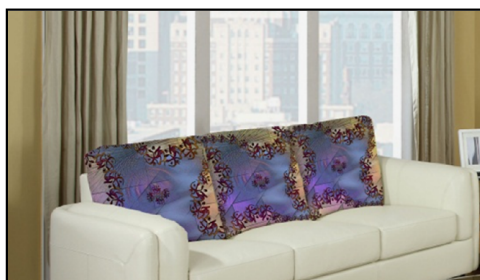
Design No. (6)



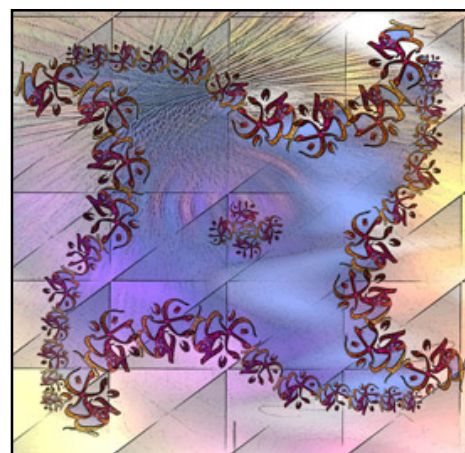
Suggested usage

4.7 DESIGN NO. (7)

The construction of the design depended on the distribution of the word (wajdan= sentiment) gradually in both directions, vertically and horizontally, according to the serial or sequential arrangement, meaning that one of the elements' features either decrease or increase regularly in one of the directions, this type of repetition gives change ,movement and the illusion of depth. The colors also give the feelings of joy , pleasure and it can be used as behavior guidance. The colors with its characteristics and different values gives suggestive and sensuality meaning to the vocabulary and design elements.



Design No. (7)



Suggested usage

4.8 DESIGN NO. (8)

The word (Aman=safety) has been distributed gradually in the space in vertical direction from bottom to top and from top to bottom but with less transparency, and the font in the word is like an idea that give energy and moves through it , that movement gives flexibility.the design achieves the physiological pleasure by contrasting between prominent texture and hollow. In addition to that, the color used in the design gives special feelings.



Design No. (8)



Suggested usage

It has been conducting a survey using questionnaire that contained a range of items measuring the user's reaction against the proposed designs and their impact on the behavior. The sample size reached 45 person.

5 RESULTS

For the first criterion, a color coordination, is evident from Table (1) that the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was (**% 82.7**), including emphasizes the importance of coordination between the colours in the design to achieve feelings of pleasure and influence the behavior and balance to the user.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design No. (4) by (**% 97.2**), followed by design No. (8) by (**% 96.1**), while the less percentage weighting came of Design No. (3) by (**57.2%**).

Color Coordination	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design 1	19	42.2	16	35.6	10	22.2	0	0.0	45.0	144.0	3.2	80.0	6
Design 2	25	55.6	20	44.4	0	0.0	0	0.0	45.0	160.0	3.6	88.9	4
Design 3	0	0.0	23	51.1	12	26.7	10	22.2	45.0	103.0	2.3	57.2	8
Design 4	40	88.9	5	11.1	0	0.0	0	0.0	45.0	175.0	3.9	97.2	1
Design 5	35	77.8	4	8.9	6	13.3	0	0.0	45.0	164.0	3.6	91.1	3
Design 6	25	55.6	5	11.1	15	33.3	0	0.0	45.0	145.0	3.2	80.6	5
Design 7	8	17.8	21	46.7	16	35.6	0	0.0	45.0	127.0	2.8	70.6	7
Design 8	38	84.4	7	15.6	0	0.0	0	0.0	45.0	173.0	3.8	96.1	2
	190		101		59		10		360.0	1191.0	3.3	82.7	

Table No. (1)

For the second criterion, different textures, is evident from Table(2) that the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was **(80.8%)**, which confirming the importance of the availability of different textures in the design to achieve feelings of pleasure and the organization of user behavior.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design (6) by **(98.3%)**, followed by designs numbers (4,8) by **(% 96.1)** each, while the less percentage weighting came of Design No. (7) by **(53.3%)**.

Different Textures	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design1	25	55.6	18	40.0	2	4.4	0	0.0	45.0	158.0	3.5	87.8	4
Design2	23	51.1	10	22.2	12	26.7	0	0.0	45.0	146.0	3.2	81.1	5
Design3	0	0.0	20	44.4	16	35.6	9	20.0	45.0	101.0	2.2	56.1	7
Design4	38	84.4	7	15.6	0	0.0	0	0.0	45.0	173.0	3.8	96.1	2
Design5	5	11.1	40	88.9	0	0.0	0	0.0	45.0	140.0	3.1	77.8	6
Design6	42	93.3	3	6.7	0	0.0	0	0.0	45.0	177.0	3.9	98.3	1
Design7	0	0.0	6	13.3	39	86.7	0	0.0	45.0	96.0	2.1	53.3	8
Design8	38	84.4	7	15.6	0	0.0	0	0.0	45.0	173.0	3.8	96.1	2
	171		111		69		9		360.0	1164.0	3.2	80.8	

Table No. (2)

For the third criterion, Finishing with aromatic substances shown in Table No. (3) that the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was **(71.1%)**.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design (1) by **(81.1%)**, followed by designs numbers (4,6) by **(77.8%)** each. while the less percentage weighting came of Design No. (3) By **(49.4%)**.

Finishing with aromatic substances	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design 1	22	48.9	12	26.7	11	24.4	0	0.0	45.0	146.0	3.2	81.1	1
Design 2	10	22.2	20	44.4	15	33.3	0	0.0	45.0	130.0	2.9	72.2	5
Design 3	6	13.3	0	0.0	26	57.8	13	28.9	45.0	89.0	2.0	49.4	8
Design 4	5	11.1	40	88.9	0	0.0	0	0.0	45.0	140.0	3.1	77.8	2
Design 5	3	6.7	39	86.7	3	6.7	0	0.0	45.0	135.0	3.0	75.0	4
Design 6	17	37.8	22	48.9	0	0.0	6	13.3	45.0	140.0	3.1	77.8	2
Design 7	5	11.1	23	51.1	17	37.8	0	0.0	45.0	123.0	2.7	68.3	6
Design 8	2	4.4	35	77.8	0	0.0	8	17.8	45.0	121.0	2.7	67.2	7
	70		191		72		27		360.0	1024.0	2.8	71.1	

Table No. (3)

For the fourth criterion, a distribution method of design elements shown in Table No. (4) That the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was **(80.6%)**, which confirming the importance of the distribution of design elements to achieve feelings of pleasure and the organization of user behavior.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design No. (4) By **(100%)**, followed by design No. (2) by **(97.2%)**. while the less percentage weighting came of Design No. (3) By **(63.9%)**.

Distribution method of Design Elements	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design 1	21	46.7	18	40.0	6	13.3	0	0.0	45.0	150.0	3.3	83.3	4
Design 2	40	88.9	5	11.1	0	0.0	0	0.0	45.0	175.0	3.9	97.2	2
Design 3	12	26.7	1	2.2	32	71.1	0	0.0	45.0	115.0	2.6	63.9	8
Design 4	45	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	45.0	180.0	4.0	100.0	1
Design 5	7	15.6	35	77.8	3	6.7	0	0.0	45.0	139.0	3.1	77.2	5
Design 6	33	73.3	2	4.4	10	22.2	0	0.0	45.0	158.0	3.5	87.8	3
Design 7	4	8.9	23	51.1	18	40.0	0	0.0	45.0	121.0	2.7	67.2	7
Design 8	24	53.3	3	6.7	0	0.0	18	40.0	45.0	123.0	2.7	68.3	6
	186		87		69		18		360.0	1161.0	3.2	80.6	

Table No. (4)

For the fifth criterion, Ground treatment style shown in Table No. (5) that the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was **(77.8%)**, including emphasizes the importance of ground treatment style in the design to achieve feelings of pleasure and the organization of user behavior.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design No. (4) by **(96.1%)**, while the less percentage weighting came of Design No. (3) by **(56.7%)**.

Ground Treatment Style	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design 1	8	17.8	21	46.7	16	35.6	0	0.0	45.0	127.0	2.8	70.6	6
Design 2	25	55.6	20	44.4	0	0.0	0	0.0	45.0	160.0	3.6	88.9	2
Design 3	0	0.0	17	37.8	23	51.1	5	11.1	45.0	102.0	2.3	56.7	8
Design 4	38	84.4	7	15.6	0	0.0	0	0.0	45.0	173.0	3.8	96.1	1
Design 5	20	44.4	8	17.8	15	33.3	2	4.4	45.0	136.0	3.0	75.6	5
Design 6	34	75.6	2	4.4	9	20.0	0	0.0	45.0	160.0	3.6	88.9	2
Design 7	9	20.0	23	51.1	0	0.0	13	28.9	45.0	118.0	2.6	65.6	7
Design 8	25	55.6	5	11.1	15	33.3	0	0.0	45.0	145.0	3.2	80.6	4
	159		103		78		20		360.0	1121.0	3.1	77.8	

Table No. (5)

For the sixth criterion, a relationship between upholstery fabrics design and the decoration of the place which they are used, is evident from Table (6) that the average consumer degrees and the percentage of the weighted average was **(% 80.3)**, including emphasizes the importance of that relationship to feelings of pleasure and influence behavior positively.

By reference the weighting Degrees of the sample in the designs the highest weighting came of Design No. (2) by (**% 98.3**), followed by the design (6) by (**% 97.2**) and design (1) by (**% 96.1**), while the less percentage weighting came of Design No.. (5) by (**56.7%**).

Relationship between upholstery fabrics design and the Decoration of the place	Ex. (4)		V. G. (3)		G. (2)		L. (1)		Total	Weighted total	Weighted average	%	Rank
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Design 1	38	84.4	7	15.6	0	0.0	0	0.0	45.0	173.0	3.8	96.1	3
Design 2	42	93.3	3	6.7	0	0.0	0	0.0	45.0	177.0	3.9	98.3	1
Design 3	8	17.8	34	75.6	3	6.7	0	0.0	45.0	140.0	3.1	77.8	5
Design 4	9	20.0	36	80.0	0	0.0	0	0.0	45.0	144.0	3.2	80.0	4
Design 5	2	4.4	8	17.8	35	77.8	0	0.0	45.0	102.0	2.3	56.7	8
Design 6	40	88.9	5	11.1	0	0.0	0	0.0	45.0	175.0	3.9	97.2	2
Design 7	0	0.0	39	86.7	6	13.3	0	0.0	45.0	129.0	2.9	71.7	6
Design 8	0	0.0	33	73.3	6	13.3	6	13.3	45.0	117.0	2.6	65.0	7
	139		165		50		6		360.0	1157.0	3.2	80.3	

Table No. (6)

- From the above the order of importance of the criteria comes as follows

The **First** criterion is Color Coordination by (82.7%).

The **second** criterion is Different Textures by (80.8%).

The **Third** criterion is the Distribution Method of Design Elements and his rate was (80.6%).

The **fourth** criterion, Relationship between upholstery fabrics design and the Decoration of the place came by (80.3%).

The **fifth** criterion, Ground Treatment Style and his rate was (77.8%).

The **sixth** criterion and the latter was Finishing with aromatic substances came by (71.1%).

- It is worth bearing in mind that pleasure varies from one person to another : what one person finds pleasurable another may not and so on.

- It may be useful to consider all four types of pleasure when approaching the issue of how a product can please those for whom it is designed, there is no suggestion that all products should provide all four types of pleasure. It might be that the benefits associated with a particular way.

6 RECOMMENDATIONS

- We need more studies for human factors specialists to become involved in new ways with other disciplines. For example, with marketing and sales, in order to address the issue of pricing products or with those on the technical side of product development in order to assess what the user would regard as acceptable levels of reliability.

- The link between particular emotions experienced during product use and the properties of products is also an important direction, i.e. given that it is an aim that a product induces specific emotions in a user, to what aspects of the product must particular attention be paid? This type of research could move towards developing both sets of general principles and sets of low level guidelines for creating pleasurable products.

REFERENCES

- [1] Alvesvos, A.(2006).Guidelines for the face of aggressive behavior Among school students (1) Methods of modifying human behavior. Available on <http://www.minshaw.com/other/fasfous2.htm> accessed on 2015
- [2] Alzuaiber, I. Maslow's theory of human motivation. Available on <http://faculty.mu.edu.sa/ialzuaiber/Maslow's%20theory%20of%20human%20motivation%20in>. accessed on 2015.
- [3] Bang, A. (2010). Emotional Value Of Applied Textiles. Denmark: Kolding School of Design .PhD Thesis. Available on <http://www.dcdr.dk/dk/materiale/dokumenter/phd-afhandling-anne-louise-bang.pdf> accessed on 11 May 2015.
- [4] Damasio, A.(2000).The Feeling of What Happens. Body, Emotion, and the Making of Consciousness. London: Vintage Books.
- [5] Desmet, P.M.A., & Hekkert, P. (2002). the basis of product emotions. In: W. Green and P. Jordan (Eds.), *Pleasure with Products, beyond usability* (60-68). London: Taylor & Francis.
- [6] Holt, J.and Lock, S. (2008). *Understanding and Deconstructing Pleasure: Hierarchical Approach*.Florence- Italy .
- [7] Patrick, J. (2000). The Four Pleasures in Designing Pleasurable Products. Available on <https://blogs.aalto.fi/stratusreader/2011/05/15/patrick-jordan-chapter-%E2%80%9Cthe-four-pleasures%E2%80%9D-in-designing-pleasurable-products-2000/> accessed on 5 July 2015
- [8] Tiger, L.(1992).The Pursuit of Pleasure. New Brunswick: Transaction Publishers.
- [9] <http://al3loom.com/wp-content/uploads/2011/10/maslow.jpg>, 2015.
- [10] <http://www.houzz.com/contrast-welt-upholstery/p/12>, 2015.
- [11] <http://www.houzz.com/ideabooks/3902784>, 2015.
- [12] <http://www.vspecial.net/>, 2015.
- [13] <http://www.houzz.com/photos/living-room/contrast-upholstery-/p/12>, 2015.

Theoretical multi node numerical model for thermal solar collector with forced circulation

B. Ouhammou, M. Aggour, B. Daouchi, and A. Frimane

Department of physics, Physics Laboratory of Condensed Mater, Ibn Tofail University, Faculty of science, Kenitra, 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: The Thermal analysis of flat plate solar water heater is a complex task, because of a large numbers of parameters affecting its performance. In the last years, a lot of studies have been developed, using numerical approaches to describe and analyze the behavior and thermal mechanism of the thermal solar collector. In this paper, we develop a numerical model of the flat plate collector in forced circulation regime. We describe the basis of the model and show the comparisons with other bibliographic model. The main goal of this work is to simulate the efficiencies of the solar collector using an "4n-node model". The results are giving a very good agreement with the literature. The model is used to examine the impact of different parameters, which may affect the performance of the solar collector with single glass cover.

KEYWORDS: Solar collector; Simulation; forced convection.

1 INTRODUCTION

The energy demand is continuously increasing due to the acceleration of demographic increase and the economic development of emerging countries that knows the world during last years. Renewable energy has a beneficial impact on the economic and environmental policy and it's the key of the future development of our planet.

Soteris [1] recently demonstrated that the renewable energies contribute to the new job creation, the energy security and reduction of environmental pollution. Moreover, solar energy is considered one of the promising energy sources to meet the dependency on fossil energy [2-3]. Flat plate collectors are very useful systems in countries with high potential for solar radiation, as is the case of Morocco, which belongs to the Mediterranean region [4].

Many configurations are be used in numerical modeling of solar flat plate collectors. The numerical models used to find solutions without the need to build a series of prototype, once the solutions are found they should be validated experimentally. Various exertions have been made aims to develop models that contain many geometric and physical complexities.

The goal of this paper is to prove how the simulation is able to predict the parameters, the output temperature, the energy produced and the instantaneous efficiency of the flat plate solar collector. For that we configured a theoretical model such as the main theoretical elements of the model are described and enough detailed and compared with a model of the bibliography, the explanation includes a conceptual description of useful solar system in our models

2 BACKAROUND

Many numerical models being developed in the last years to describe the phenomenon and the thermal performance of the flat plate solar collector. The first initiative to implement a dynamic numerical model of the solar collector was made by Close [5] who has took into consideration the thermal capacity of the absorber, as the sum of the other thermal capacity of various elements (glass, fluid) as it is shown in the fig.1, this model is named by " 1n-node model", in the same direction Klein and al [6] changed the global model taking into account the variation of the temperature of the fluid along the solar collector.

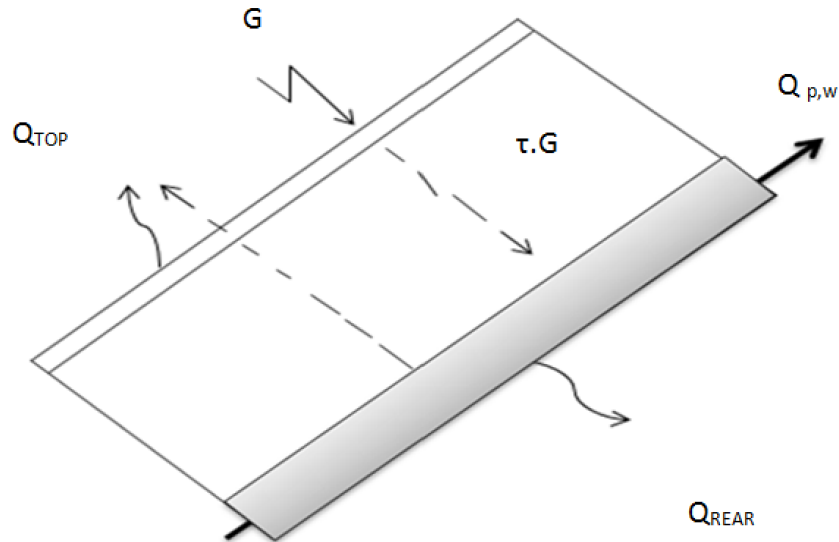


Fig.1: Energy balance of a thermal solar collector in steady state

Moreover, the authors suggested to add other nodes positioned in the transparent over of the collector. De Ron [6] developed a model of solar collector which he took into account conduction heat transfer is essential 1-Dimension. In connection with the suggestion proposed by Klein [7], the author sets up one equation of the energy balance, in particular for the transparent cover and the absorber admitting that:

- The heat capacity of the air gap is neglected
- The back and collector's side are adiabatic

This model is known as the "2n-node model" as it is exposed to the fig 2.

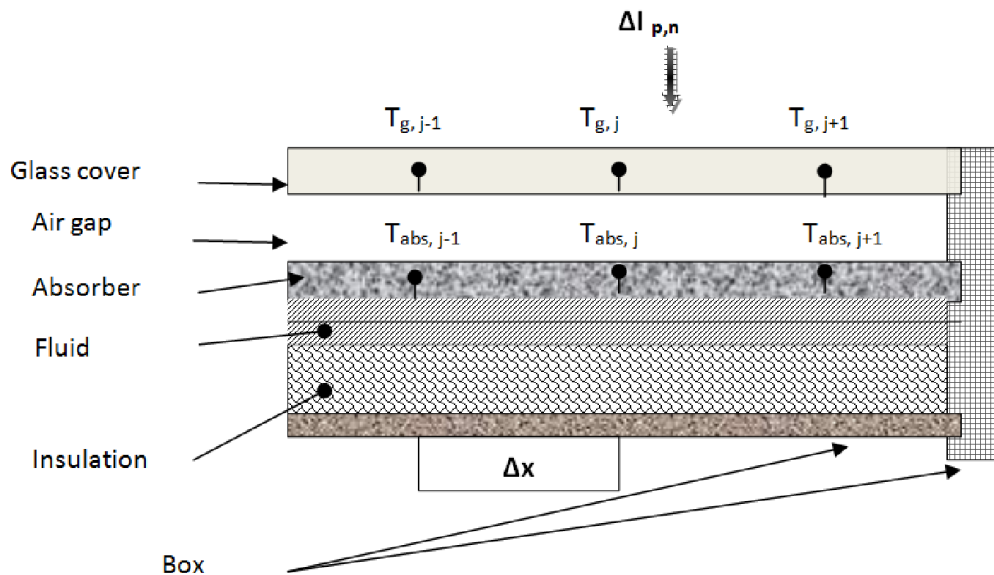


Fig. 2: The basic 1n-node schema with $T_{p,j}$ is extended with further 1n-node with $T_{g,j}$ on the collector glass cover, realizing a 2n-node model

In the same area, Wijesundera [8] developed the model "2n-node model" where the solar collector is modeled as two zones, one corresponds the absorber and the fluid and the second relate to the transparent cover. Moreover, the author showed that the model approach "2n-node" gives good results in the prediction of the solar collector parameters. Kamminga [9] considered the capacity of the fluid, together with those of the cover and the absorber to develop the model "3n-nodemodel" as it is shown in the fig. 3. The transfer of heat along flows is due only by the movement of the fluid (conduction

is neglected), also Morrison and Ranatunga [10] developed a model "3n-node model" differencing between the thermal capacity of the fluid and the absorber, they set up three characteristic equations, in particular of the transparent cover, absorber and of the fluid.

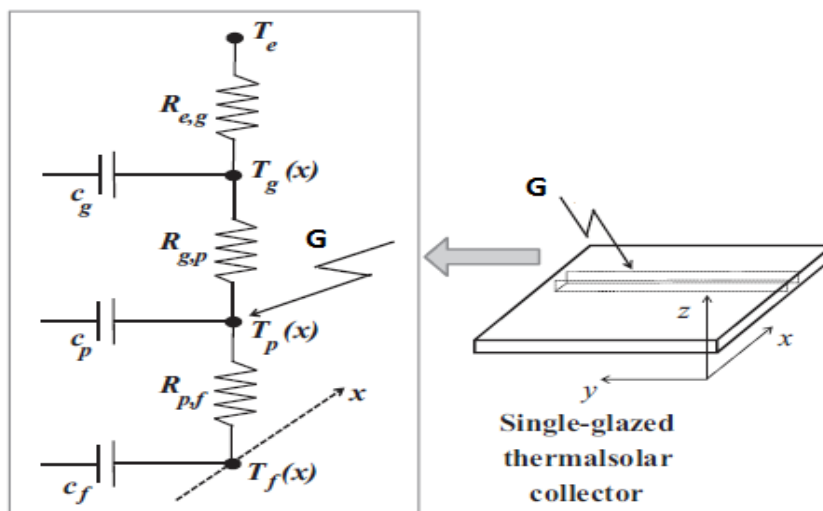


Fig.3: Electrical analogy of a 3n-nodes model of a solar thermal collector [11]

Moreover, the addition of the thermal capacity of the fourth element (back insulation) drives to the implementation of a model "4n-node model". According to the previous work, the authors applied the model "4n-node model" taking into account the thermal inertia of the components of the solar collector (glass, absorber, fluid and insulation).

In [12-13] an algorithm DFA (Dynamic Fitting Algorithm) was used, developed by spirkl [14-15] to identify the principal parameters of the solar heat thermal collector (effective area, loss coefficient, etc). The collector discretized in nodes and each one of them associate with an equation of the energy balance, in order to calculate the temperature of the fluid. Cadfalch [16] presented a detailed numerical approach which can be considered as an extension of the dynamic model 1n-nodes developed by [17]. These models are translated by a set of partial differential equations which can be simplified and resolved by transforming them to obtain differential equations ordinary and by using a numerical method to solve it, such as the method of Rang Kutta 4th order [18-19].

3 THE 4N-NODE MODEL:

The present model is based as the other models on mass and energy conservation laws. The fig.3.a shows the geometry of our model which contains essentially, a single glass, absorber, fluid and insulation.

The convection exists between the solar collector and the atmosphere which surrounded it, also it exists inside the collector, between the fluid and the absorber.

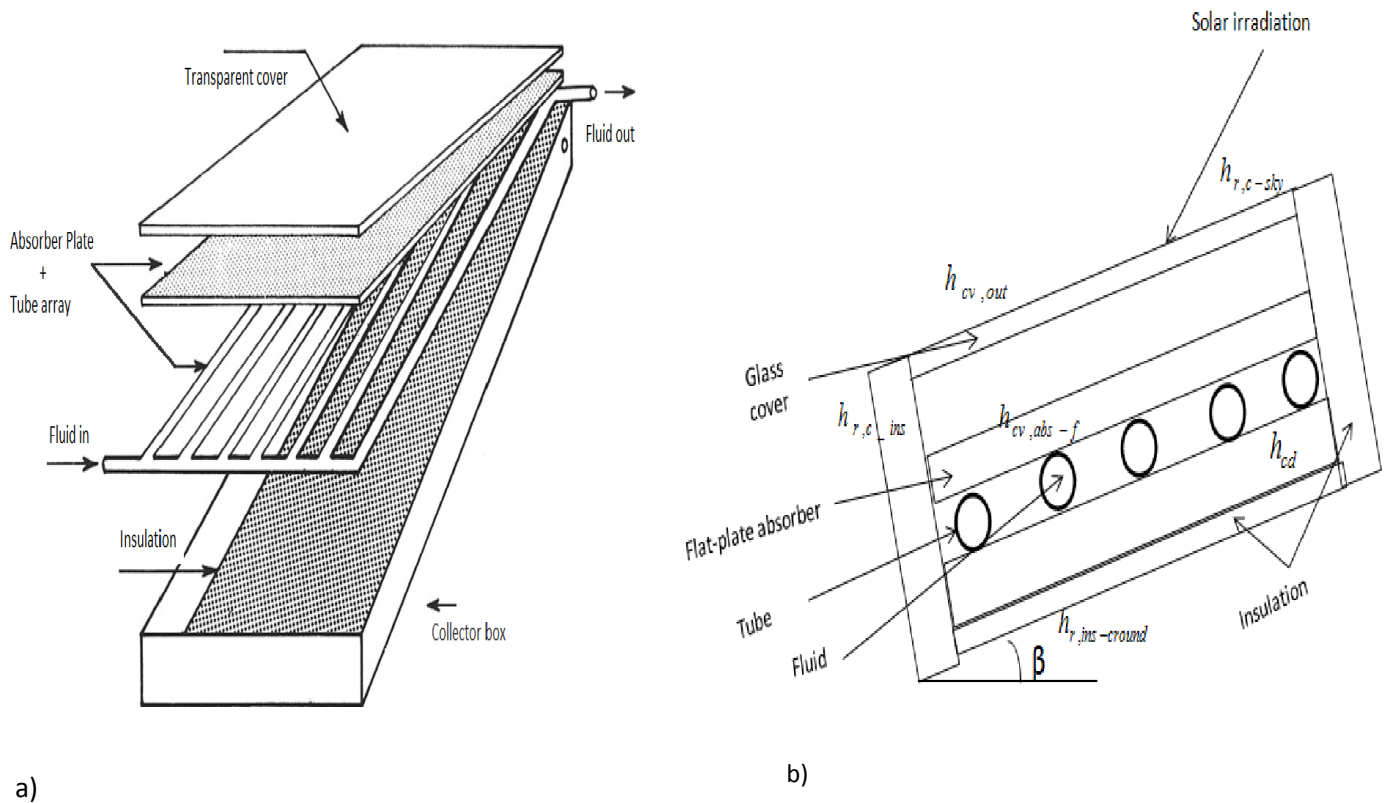


Fig.4: Flat-Plate solar collector geometric, subject to the solar and thermal analysis

The radiative exchange was made between, the glass cover and the sky and the glass cover with the absorber, and finally between the collector and the ground. Conduction is dominant at the rear losses through the insulation which is modeled as a multiple layer (Fig.3.b). Before starting calculations, it is necessary to specify certain calculation assumptions:

- Irradiation is uniform for all receiving surfaces of the solar collectors
- The ambient temperature is the same around the collector
- The physical properties and thermal fluid data are based on the average temperature
- The heat transfer fluid is incompressible and doesn't undergo change of state

3.1 HEAT BALANCE OF THE TRANSPARENT COVER:

The energy comes from the sun in the form of the rays solar penetrate in the solar collector passed by the transparent cover of the solar collector. The Eq. 1 shows the heat balance of this piece (Eq.1):

$$(m.Cp)_g \cdot \frac{dT_g}{dt} = (\alpha_g \cdot G) \cdot S + h_{r,g-sky} \cdot S(T_{sky} - T_g) + (h_{r,g-ground} + h_{cv,out}) \cdot S(T_{am} - T_g) + h_{r,g-abs} (T_{abs} - T_g) \quad (\text{Eq.1})$$

Where:

The transfer coefficient $h_{cv,out}$ given by the empirical relationship given by Adams and Woertz.

$$h_{cv,out} = 5,67 + 3,86.V_w \quad (\text{Eq.2})$$

The coefficient of radiation transfer between the glass cover and the sky [17-20]:

$$h_{r,g-sky} = \varepsilon_v \sigma (T_g + T_{sky})(T_g^2 + T_{sky}^2) \quad (\text{Eq.3})$$

The temperature of the sky is correlated by the formula [17]:

$$T_{sky} = 0,0552.T_{am}^{1,5} \quad (\text{Eq.4})$$

Also the coefficients of transfer by radiation respectively between glazing and the ground and the transparent cover with the absorber are given by [17-20]:

$$h_{r,g-ground} = \varepsilon_g \sigma (T_g + T_{ground})(T_g^2 + T_{ground}^2) \quad (\text{Eq.5})$$

$$h_{r,g-abs} = \frac{\sigma(T_g - T_{abs})(T_g^2 + T_{abs}^2)}{\frac{1 - \varepsilon_g}{\varepsilon_g} + 1 + \frac{1 - \varepsilon_{abs}}{\varepsilon_{abs}}} \quad (\text{Eq.6})$$

3.2 HEAT BALANCE OF THE ABSORBER

The absorber receives energy coming from the solar radiation and at the same time, it transfer this energy to fluid, knowing that a part of this energy is lost because of heat exchange by convection with the glass cover and by conduction with the insulator (Eq.7)

$$(m.Cp)_{abs} \cdot \frac{dT_{abs}}{dt} = (\alpha_{abs} \cdot \tau_g \cdot \alpha_g \cdot G) \cdot S + h_{r,g-abs} \cdot S(T_g - T_{abs}) + h_{cv,abs-f} \cdot S(T_f - T_{abs}) + h_{cd,abs-ins} \cdot S(T_{ins} - T_{abs})$$

$h_{cv,abs-f}$ Represent the coefficient of transfer by forced convection between the absorber and the fluid, it was calculated according to the empirical relations given by the works of Haussen and Sider-Tate.

$$h_{cv,abs-f} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{D} \quad (\text{Eq.8})$$

Where λ and D are the thermal conductivity and the hydraulic diameter of the fluid respectively. The Nusselt number, Nu , is given by the following relation [18-19]:

$$Nu = 3,66 + \frac{0,085.Gz}{1 + 0,047..Gz^{\frac{2}{3}}} \quad Gz < 100 \quad (Re < 2100) \quad (\text{Eq.9})$$

$$Nu = 1,86.Gz^{\frac{1}{3}} + 0,87(1 + 0,015.Gr^{\frac{1}{3}}) \quad Gz > 100 \quad (Re < 2100) \quad (\text{Eq.10})$$

$$Nu = 0,116(Re^{\frac{2}{3}} - 125).Pr^{\frac{1}{3}} \cdot (1 + \frac{D}{N.L})^{\frac{2}{3}} \quad 2100 < Re < 10000 \quad (\text{Eq.11})$$

3.3 HEAT BALANCE IN THE FLUID

The fluid is in exchange thermal only with the absorber; it is a transfer of heat by forced convection.

$$(\rho.V.Cp)_f \cdot \frac{dT_f}{dt} = h_{cv,abs-f} \cdot S(T_{abs} - T_f) \quad (\text{Eq.12})$$

3.4 HEAT BALANCE OF THE INSULATION

Heat exchange concerning this element is those between insulator with the absorber and also with the ambient.

$$(m.Cp)_{ins} \cdot \frac{dT_{ins}}{dt} = h_{cd,abs-ins} \cdot S(T_{abs} - T_{ins}) + (h_{cv,out} + h_{r,ins-ground}) \cdot S(T_{am} - T_{ins}) \quad (\text{Eq.13})$$

Because of the complex structure and multiplicity system of equations characterize our model, the method of Rang-Kutta 4th order [18-19] was adopted for the numerical solution of this system of equations.

The instantaneous efficiency of flat plate collectors is defined as the report of useful energy on incident energy of the solar radiation multiplied the collector surface:

$$\eta = \frac{Qu}{G.S} \quad (\text{Eq.14})$$

Where:

$$Qu = \dot{m}.C_p(T_f - T_{am}) \quad (\text{Eq.15})$$

A lot of parameters influenced on the instantaneous efficiency, as the building materials of the collector, the geometry of absorber, the properties of the transparent cover, the weather conditions and the position of the collector, it can be represented by the relation [23-24]:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_f - T_{am})}{P_s} \quad (\text{Eq.16})$$

Where, the term $F_R(\tau\alpha)$ expressed how the energy of the incident solar radiation is absorbed and the term $F_R U_L$ determine how much energy is lost.

4 RESULTS AND DISCUSSION

This section is devoted to the comparison between our numerical model and Klein model [28]. We treat the curves, values together with the errors. The characteristics of the site and the parameters used in the simulation are given in Table 1.

Table.1: Characteristics of the site used in the numerical simulation

Parameters	Value	Unit
Latitude	34,15	degrees
Longitude	-6,58	degrees
Wind speed	1,5	m/s

Fig.4 shows the comparison between the efficiency curves presented by model of Klein [25] and that of the present study. As it is shown in the fig. 4, the curve of the present study has a slope less than that of Klein [24].

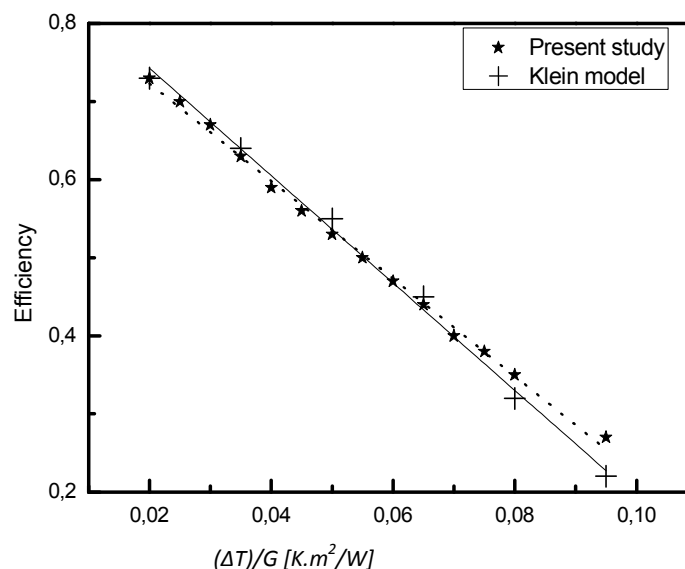


Fig 5: Instantaneous efficiencies of solar collector obtained by the present study and by the method of Klein versus $(T_{abs} - T_{am})/G$

The lower slope means smaller $-F_R U_L = -6,9$ for our study and $-6,2$ for Klein model [25] and this means smaller heat losses from the collector. In reality, the losses of the solar collector are due to a combination between the transfer by radiation and transfer with convection [26]. In particular the fig. 4 shows that the curve of instantaneous efficiency is higher than that of [24] in the region of high temperatures, this means that the present collector can work in high temperatures. In other hand, the fig.5 [26] proved that the model of the present study illustrate in the fig.4 situated well in the regions corresponding the flat plate solar collector a single glass.

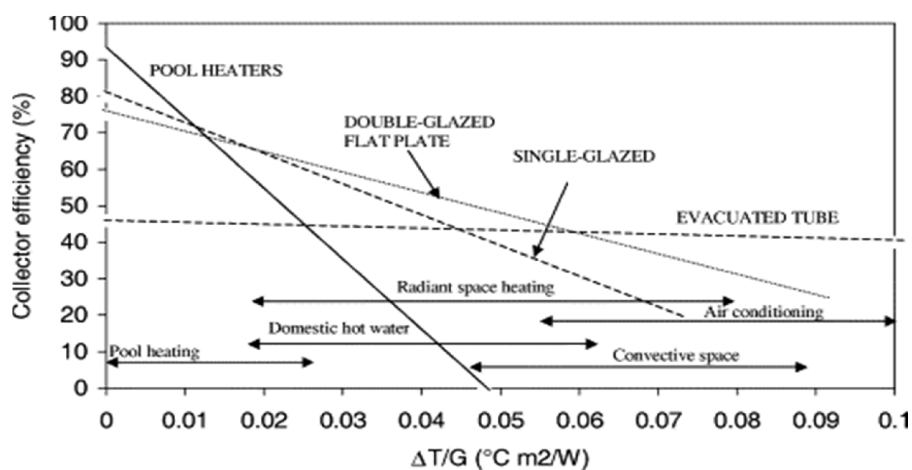


Fig.5: Collectors efficiencies of various liquid collectors [27]

5 CONCLUSION

The paper presents a detailed model of multi-node (4n-node model) for flat plate solar collectors a single glass cover. Moreover, the model results were compared to previous results bibliographic; it was demonstrated that there is a very good agreement between them.

The profile of the curve of the yield obtained by this model was found not linear in shape, also it is noted that the efficiency of the solar collector decreases according to the increase of the ratio between the different temperature and solar irradiation. In addition to this, it is shown that the model has been well situated in the area corresponding the solar collector of same type.

It should be noted that the experimental validation of this model will be publish in other separated articles.

NOMENCLATURE

C _p	specific heat at constant pressure (J/kg.K)
D	tube diameter (m)
F	collector factor (dimensionless)
G	solar radiation (W/m ²)
Gr	Grashoff number
Gz	Graetz number
h _{cv}	convection heat transfer coefficient (W/m ² . K)
h _{cd}	conduction heat transfer coefficient (W/m ² . K)
h _r	radiation heat transfer coefficient (W/m ² . K)
L	length of the tube (m)
N	number of tube
Nu	Nusselt number
Pr	Prandtl number
Q _u	useful energy (W)
Re	Reynolds number
R	Thermal resistance (K.W ⁻¹)
S	surface collector
T	temperature (°C)
U	heat coefficient (W/m ² .K)
V	volume (l)
V _w	Wind speed (m/s)

Greek letters

λ	thermal conductivity (W/m.K)
ρ	density (Kg/m ³)
α	absorbance coefficient
τ	solar transmittance coefficient
ε	emissivity
δ	Stephan –Boltzmann coefficient
η	Instantaneous efficiency

subscripts

abs	absorber
am	ambient
e	external
f	fluid
g	glass
ins	insulation
L	overall
P	plate
R	heat removal
w	water

REFERENCES

- [1] Soteris A, Kalogirou. Thermal performance, economic and environmental life cycle analysis of thermosiphon solar water heaters. *Sol Energy* 2009;83:39–48
- [2] Banos R, Manzano-Agugliaro F, Montoya FG, Gil C, Alcayde A, Gomez J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: a review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2011;15:1753–66.
- [3] Ssen Z. Solar energy in progress and future research trends. *Progress in Energy and Combustion Science* 2004;30:367–416.
- [4] Dagdougui H, Ouammi A, Robba M, Sacile R. Thermal analysis and performance optimization of a solar water heater flat plate collector: Application to Tetouan (Morocco). *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2011;15:630–8.
- [5] Close D. A design approach for solar process. *Sol Energy* 1967;11(12):112–22
- [6] Klein S, Duffie J, Beckman W. Transient considerations of flat-plate solar collectors. *J Eng Power – Trans ASME* 1974;96A:109–13.
- [7] De Ron A. Dynamic modeling and verification of a flat-solar collector. *Sol Energy* 1980; 24:117–28.
- [8] Wijesundera NE. Comparison of transient heat transfer models for flat plate collectors. *Sol Energy* 1978; 21(6):517–21.
- [9] Kamminga W. The approximate temperatures within a flat-plate solar collector under transient conditions. *Int J Heat Mass Transf* 1985;28(2):433–40.
- [10] Morrison GL, Ranatunga DBJ. Transient response of thermosiphon solar collectors. *Sol Energy* 1980;24: 55–61.
- [11] Luca A, Tagliafico, Federico Scarpa, Mattia De Rosa. Dynamic thermal models and CFD analysis for flat-plate thermal solar collectors – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30 (2014) 526–537.
- [12] Muschaweck J, Spirkel W. Dynamic solar collector performance testing. *Sol Energy Mater Sol Cells* 1993;30:95–105.
- [13] Spirkel W, Muschaweck J, Kronthaler P, Schölkopf W, Spehr J. In situ characterization of solar flat plate collectors under intermittent operation. *Sol Energy* 1997;61(3):147–52.
- [14] Spirkel W. Dynamic solar domestic hot water testing. *J Sol Energy Eng – Trans ASME* 1990;112(2):98–101.
- [15] Spirkel W. Parameter fitting in grazing incidence X-ray reflectometry. *J Appl Phys* 1993;74:1776–80.
- [16] Cadfalch J. A detailed numerical model for flat-plate solar thermal devices. *Sol Energy* 2009; 83: 2157–64.
- [17] Duffie J, Beckman W. *Solar engineering of thermal processes*. 2nd ed. New York: Wiley Interscience; 1991.
- [18] Butcher J. *The numerical analysis of ordinary differential equations*. New York: Wiley; 1987
- [19] Z. Jackiewicz, R. Vermiglio, M. Zennaro. Regularity properties of Runge-Kutta methods for ordinary differential equations.

- [20] Michel Daguenet. Les séchoirs solaire: théorie et partique. Paris; 1985.
- [21] Adrian Bejan. Allan D. Kraus. Heat Transfer Hand Book. New Jersey. J. Wiley and Sons; 2003.
- [22] Soteris A. Kalogirou. Solar thermal collectors and applications. Progress in Energy and combustion science 30 (2004) 231-295.
- [23] Soteris A. Kalogirou. Prediction of flat-plate collector performance parameters using artificial neural networks. J Sol Energy 80 (2006) 248–259.
- [24] Maatouk Khoukhi , Shigenao Maruyama . Theoretical approach of a flat-plate solar collector taking into account the absorption and emission within glass cover layer solar Energy 80 (2006) 787-794
- [25] Agarwal VK, Larson DC. Calculation of the top loss coefficient of a flat plate collector. Solar Energy 1981; 27: 69-77
- [26] Soteris A. Kalogirou. Solar thermal collectors and applications. Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 231–295.

Contribution to a diagnosis system of the Whewellite- and Weddellite crystals in human urinary using data minig algorithms

A. Ait Ider¹⁻³, M. Echajia¹, C. Tcheka², A. Merbouha³, and M. Mbarki¹

¹Department of chemistry and environment,
Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology,
Transdisciplinary Team of Analytical Science for Sustainable Development,
P.B 523, Beni Mellal, Morocco

²Department of chemistry,
Yaoundé 1 University Faculty of Science, Laboratory of Physical and Theoretical Chemistry,
P.B 812, Yaounde, Cameroun

³Department of data processing,
Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology,
Information Processing and Decision Support,
P.B 523, Beni Mellal, 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: The goal of this study is to develop a simple intelligent urolithiasis diagnosis system. The accuracy of the system was determined by comparing the recognition rates of the Artificial Neural Networks (ANNs)-, k-nearest Neighbor (kNN)-, and Support Vector Machines (SVM) algorithms. The results showed that the ANN model was superior to SVM and KNN models in prediction. We aimed through this work to classify the subjects in three classes according to the chemical concentrations of variables (Ca, Ox, pCaOx, Ca/ Ox) using and according to their clinical status. The ANN model, used to determine the first class that contains the subjects presenting their urine a calcium oxalate monohydrate ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: whewellite (Wh)) crystal type. This ANN model reached a correct prediction rate of 85.3%. Using SVM- and KNN model the correct prediction rate reached 82.6% and 65.55% respectively. The second class contains the subjects presenting a calcium oxalate dihydrate ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ weddellite (Wd)) crystal type. The ANN-, SVM- and KNN model reached a 93.4%-, 94.2%- and 77.25% correct prediction rate, respectively. In third class that corresponds to the subjects who have negative crystalluria (NC), ANN-, SVM- and KNN model reached a 91.7%-, 87.8%- and 69.77% correct prediction rate, respectively. Compared to SVM- and KNN models, the developed system using ANN model has allowed us to discriminate the subjects. This system is important in clinical laboratories since it could be a helpful tool for provide information about the development, formation of urinary stones crystals and the determination of their crystal type.

KEYWORDS: Urinary Lithiasis, Whewellite, Weddellite, Artificial neural network, k-nearest neighbor, Support Vector Machines , Intelligent Diagnosis System.

1 INTRODUCTION

The disease of urolithiasis is a disease whose prevalence tendency is rising in the world [1], [2]. It is caused by several factors that include frequently calcium oxalate species in the urine. It crystallizes in the form of (Wd) and (Wh) [1], [3], [4], [5], [6], [7]. During diagnosis of the disease no precise decision can be easily made taking into account the individual concentrations of calcium and oxalates those individually. While it is necessary to introduce the two important variables calcium oxalate molar product (pCaOx) and the molar ratio calcium / oxalate (Ca/Ox) in order to ensure a better diagnosis [8].

It appears from the results of most studies in the literature that calcium oxalate is the most frequent and majority urinary crystals crystallize [9], [10], [11], [12], [13], [14]. However, rare are the studies dedicated to the investigation of the influence of the calciuria and the oxaluria on the formation of the crystals calcium oxalate in urines. As a matter of fact, the crystals are a promoting phase to the formation of urinary stones [15], [16]. Most of the studies have used databases of infrared spectroscopy coupled to chemometrics methods in order to determine the chemical composition of urinary stones and to classify them by means of artificial neural networks (ANN) [17]. In the present work, using the ANN-, KNN- and SVM classification algorithms, we have classified the subjects of the database into 3 classes, depending on the chemical concentrations of variables (Ca, Ox, pCaOx, and Ca / Ox) and on their clinical status. The first class contains subjects presenting a Wh crystal type. The second class contains subjects with a Wd crystal type and the third one includes subjects who are unaffected by this disease According to the obtained results of the classification, we developed a simple intelligent diagnosis system. This system is important for medical laboratories since it can provide useful information about the development, formation of the urinary stones. The determination of the crystal types of the urinary stones would be helpful to better manage, economically and socially, the treatment of this rising disease [18]

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SAMPLING

The study was carried out on 106 urine samples from human volunteers from the region of Tadla Azilal.; all samples were analyzed and prepared in our laboratory [15]. Crystalluria has been characterized using optical polarized light microscopy. The apparent oxaluria and urinary calcium were determined by conventional volumetric assays on urines. The database contains 63 men and 43 women among whom 30 (28.3%) cases presented (Wh) crystal type their urine, 27 (25.5%) cases presented a (wd) crystal type and 49 (46.2%) cases would be not affected by this disease (Nc).

Table 1. The 106 samples according to age group

group	<20 years	20-40 years	>40 years	total
Man	5	34	24	63
Woman	5	21	17	43
Global	10	54	42	106

2.2 DATA ANALYSIS

The urine samples were divided into tow subsets, one subset for training and another subset for test. Three training subsets were employed 20 samples, 20 samples and 30 samples for respectively Wd, Wh and NC class. And three tests subsets were employed 10 samples, 7 samples and 19 samples for respectively Wd, Wh and NC. The chemometrics methods that have applied in this work were well known as SVM, KNN and ANN. These algorithms are applied on the same data subset.

2.2.1 K-NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM (K-NN)

The k-Nearest Neighbor algorithm (k-NN) [19] is a simple algorithm that stores all the available cases and classifies new cases based on a similarity measure (e.g., distance functions). They have been used in various areas such as bioinformatics [20], image processing and data compression [21], document retrieval [22], computer vision [23], multimedia database [24], and marketing data analysis [25].

To classify a new observation x , the idea is to simulate a vote among the closest neighbors of this observation. The class of x is determined according to the majority class among the k (an integer to be determined) closesets neighbors of the observation x . It is a method for classifying objects based on the closest training examples in the feature space. Given a training set D and a test object $x = (x', y')$ the algorithm computes the distance (or similarity) between z and all the training objects (x, y) belonging to D ($(x, y) \in D$) to determine its nearest-neighbor list, D_z . (x is the data of a training object, while y is its class. Likewise, x' is the data of the test object and y' is its class.) Once the nearest-neighbor list is obtained, the test object is classified based on the majority class of its nearest neighbors [26].

$$\text{majority voting: } y' = \underset{v}{\operatorname{argmax}} \sum_{(x_i, y_i) \in D_z} I(v = y_i)$$

Where v is a class label, y_i is the class label for the i th nearest neighbor, and $I(\cdot)$ is an indicator function that returns the value 1 if its argument is true and 0 otherwise.

The k -nearest neighbor classification algorithm:

Input: D , the set of k training objects and test object z (x', y') $\in D$. Select $D_z \subseteq D$ the set of k closest training objects to z .

Process: Compute $d(x', x)$, the distance between z and every object, (x, y)

$$\text{Output: } y' = \underset{v}{\operatorname{argmax}} \sum_{(x_i, y_i) \in D_z} I(v = y_i)$$

2.2.2 SUPPORT VECTOR MACHINES

Support vector machines (SVM) are a set of techniques of supervised learning intended algorithms to solve problems of discrimination and regression. The SVM is a generalization of the linear classifiers [27]. The SVM set up a system model using a set of given training samples for the classification and prediction of the output based on the training samples and input samples. The aim of SVM is to create a distinction between two or more data classes. SVM uses the multi-class formulation described in [28-29], but optimizes it with an algorithm that is very fast in the linear case. One can find a training set $(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$, presenting y_i in $[1..k]$ labels [28][30].

2.2.3 ALGORITHM OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

The Artificial Neural Networks (ANN) are used in various disciplines such as economics, ecology, environment, biology and medicine. These networks are applied in particular to solve problems of classification, prediction [31], [32], [33], categorization, optimization, recognition of the forms and the associative memory [34]. The ANN improves the diagnosis in medical sciences. In fact, the ANNs are used, for example, in cases of the prediction of myocardial [35, 36], lung pathologies [37], [38], diabetes [39], cancers [40], Alzheimer's disease [41] and electromyography and kinesiology [42]. In an ANN, the Neurons are connected via synapses (connection links), that modulate signals passing through them. Each synapse has an associated weight w . The net input N is the function of all transmitted signals X_i and their corresponding weights W_i in a neuron: $N = \sum W_i X_i$ (sum of weighted input signals). Each neuron applies an activation (transfer) function to its net input N in order to provide an output signal for each neuron. A neural network is characterized by its architecture or its pattern of connections between the neurons (see fig1). Neurons are arranged in several layers: an input layer that receives the inputs, on or several hidden layers which transform the input representation into a new 'hidden' representation and an output layer whose units send the predicted values out. Input data are signals x_i of the input layer. Initial weights are random values. Processing the data from input layer to output layer provides the output, which is the result. A neural network is also characterized by its learning algorithm (*i.e.* its method of determining the weights on the connections). Before using a network for prediction, it must be trained with known data. This is necessary to ensure that the network provides useful results. The most used learning algorithm is based on the 'back-propagation of errors'. While learning, the network compares its output with observed (known) output values of learning data. The effectiveness is usually determined in terms of the root mean squared (RMS) error between the actual and the desired outputs averaged over the learning data. After comparison, the network changes weights backwards from the output layer to the input layer with respect to the output error. A neural network is also characterized by its activation (transfer) function such as hyperbolic tangent function and sigmoid transfer function, in order to determine its output. In this study a sigmoid transfer function was chosen as transfer function [43], [44]. Several research works were made to describe the functioning of ANNs [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52] this algorithms is used to improve the diagnosis in medical domain and chemistry [54], [55].

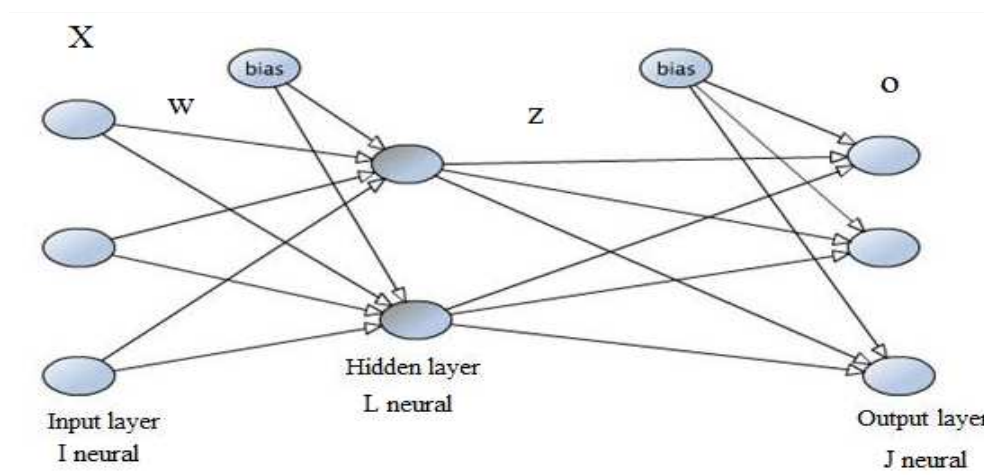


Fig. 1. Neural network architecture

3 RESULTS AND DISCUSSION

In the present study, several classification algorithms were applied to the same database in order to develop a simple intelligent diagnosis system. The aim of this paper was to compare the model performances of three supervised algorithms, namely SVM, KNN and ANN. The obtained results show that ANN and SVM are very powerful methods in prediction. The best results are obtained with the ANNs technique, with lower RMS values than those obtained in the case of the other classification methods. As a matter of fact, in some cases, the error is almost half of that obtained by using KNN

The comparison of the performances of all the models is presented in table 2 and figure 2. Using KNN, the error classification rate for the test samples is: 0.3445 for whewellite, 0.2275 for weddellite and 0.3015 for negative crystalluria. Using SVM, the error classification rate is 0.174 for whewellite, 0.058 for weddellite and 0.12 for negative crystalluria. The error prediction rate, using ANN, is 0.165 for whewellite, 0.066 for weddellite and 0.083 for negative crystalluria.

Therefore, it turns out that the average correct prediction rate for ANN is higher than the one obtained by using SVM and KNN. The results showed that the ANN is a helpful tool for the identification of these types of stones. Moreover we did not observe any unclassified samples in the dataset test.

Table 2. The correct prediction rate using the algorithms (in percentage)

algorithmes	Classe1	Class2	Classe3	Correct prediction rate
kNN	65.55	77.25	69.77	69.85
SVM	82.6	94.2	87.8	88.2
ANN	83.5	93.4	91.7	89.53

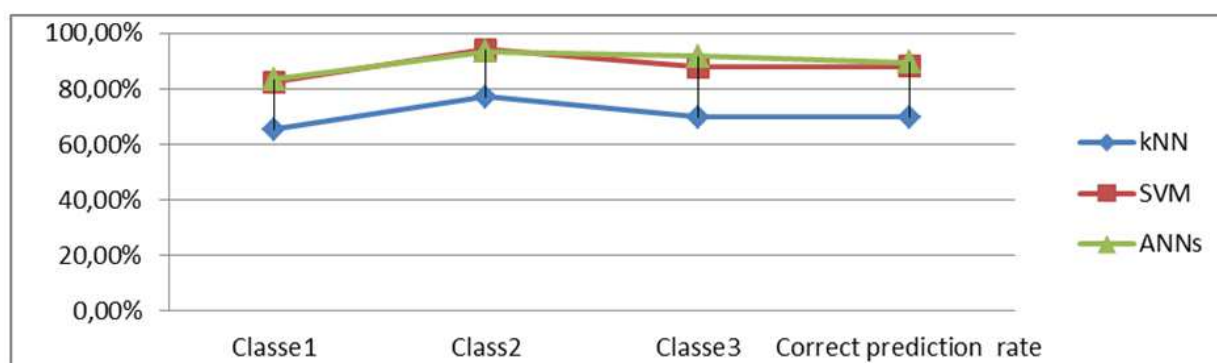


Fig. 2. The comparison of correct prediction rate between supervised algorithms

To explain the error classification rate of (10.47%) using the ANN model algorithm we can say that the data at hand generally include a number limited examples and a part of variable noise. This noise is mainly due to the presence of random disturbance and also to the complexity of the urinary environment. Given that fact that the neural networks are very flexible, there is a risk over fitting that is mistaking the noise for the signal and learning from the noise. Moreover, it is necessary to increase the number of samples in the learning database. This error classification rate can be also explained by the use of not very precise determination techniques of the concentrations in calcium and oxalates (chemical volumetric).

The chemometrics coupled to simple and less expensive chemical and physical analyses (volumetry and optical microscopy), on the one hand and methods of data analysis, on the other hand would be a quick and non expensive tool for a first diagnosis of the urolithiasis that can allow the decision-makers to avoid the high budgets, of coverage, assigned to the treatments of this disease. Thanks to the neural networks, we have been able to establish a decision-making model allowing the competent sanitary services to predict the lithogenous risk in the populations. The results of most works in the literature showed that calcium oxalates is the most frequent as chemical species in urinary and the majority of stones are crystalluria [9], [10], [11], [12], [13], [14]. However, rare are the studies dedicated to the investigation of the influence of urine calcium and apparent oxaluria on the formation of calcium oxalate crystals in the urine; which is known to initiate the formation of urinary stones. These crystals can in some conditions become stones that lead to the failure of urinary system.

4 CONCLUSION

This study has illustrated that the use of a simple and non expensive physicochemical analyses coupled to classification algorithms have been successfully employed. This coupling technique is fast and simple. It can be very useful for the first diagnostic which is of great advantage in this context. This work has shown that ANN and SVM are very powerful methods to develop a simple diagnostic system. Models based on KNN failed badly in most of the cases. By contrast, ANN and SVM achieved a good prediction performance and yield the highest average correct prediction rate. Using ANN yielded an improvement of the error classification rate for the by comparison to SVM and KNN. According to the obtained results, the ANN was recommended to develop a helpful decision support system. The system developed would be able to class new cases, and thus set up a diagnosis of the disease and the type of lithogenous crystals.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our acknowledgements to the Tadla Azilal Regional Hospital and Dr Constant Cheka for providing samples of urinary stones.

REFERENCES

- [1] Renard-Penat R, Ayed A. Diagnostic et bilan des calculs urinaires. Radiologie et imagerie médicale : Génito-urinaire - Gynéco-obstétricale – Mammaire. 334-173-C-10.
- [2] Fekak H, Sahnoun A, Rabii R et coll. La lithiase urinaire : étude spectrophotométrique infrarouge (à propos de 80 cas). J Maroc Urol 2006;1:17-20.
- [3] Daudon M. Epidémiologie actuelle de la lithiase rénale en France : Annales d'urologie 2005 ; 39 :209-31.
- [4] Daudon M, Traxer O, Lechevallier E, Saussine C. La lithogénèse. Prog Urol 2008 ; 18 : 815-27.
- [5] Daudon M, Hennequin, Jungers P, Lacour B, Druke T. Les inhibiteurs de cristallisation. In: Funck-Brentano JL, Bach JF, Kreis H, Grunfeld JP (éds). Actualités Néphrologiques Jean Hamburger - Hôpital Necker, Paris, Médecine-sciences Flammarion, 1994 ; 165-22
- [6] Marangella M, Daniele P G, Ronzani M, Sonogo S, Linari F. Urine saturation with calcium salts in normal subjects and idiopathic calcium stone-formers estimated by an improved computer model system Urol Res 1985; 189-193.
- [7] Daudon M. Apport de l'analyse morphologique et infrarouge des calculs urinaires : Service de Biochimie A Hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.
- [8] Jungers P, Daudon M, Le Duc A. Paris Flammarion Médecine-Sciences, 1989.
- [9] Jungers P, Daudon M, Conort P. Lithiase rénale: diagnostic et traitement, ed Flammarion, paris, 1999.
- [10] Dao NQ, Daudon M. Infrared, and Raman spectra of stones. Paris: Elsevier, 1997.
- [11] Graf JD, Féraillie E. Importance de l'analyse du calcul dans l'exploration de la lithiase rénale. Méd Hyg 2000; 58: 431-433.
- [12] Laziri F, Rhazi Filali F, Oussama A, Soulaymani A, Qarro A, Lezrek M. Facteurs impliqués dans l'épidémiologie des calculs urinaires marocains. J Maroc Urol 2010 ; 19 : 9-14.
- [13] Belhaj R, Hayder N, Gargueh T, Zorquati M, Marrakchi O, Abdelhak S, Lakhoua R, Abdelmoula J. Diagnostic biochimique et moléculaire de l'hyperoxalurie primaire de type 1

- [14] Amrani Hassani M, Hennequin C, Lacour B, Daudon M. Citraturie et cristallurie de weddellite. *Prog Urol* 2005 ; 15 : 650-5.
- [15] Tcheka C, Mbarki M, Loura Benguellah B, Ketcha Mbadcam J, Amechrouq A, Amhoud A, Moubarik A. Apport de l'étude de la cristallurie et du dosage chimique à la recherche des paramètres de risque de lacristallisation oxalocalcique urinaire E, *J Maroc Urol* 2012 ; 27-28 : 25-32
- [16] Daudon M, Brahimi M, Nguyenh V, Réveillaud RJ, Jungers P. Intérêt clinique de différencier les phases cristallines de l'oxalate de calcium dans les urines des sujets lithiasiques oxalo-calciques. *Acta Pharm Biol Clin* 1987 ; 4 : 461-4.
- [17] Kuzmanovski I, Trpkovska M, Šoptrajanov B, Stefov V. Determination of the composition of human urinary stones composed of whewellite, weddellite and carbonate apatite using artificial neural networks *Analytica Chimica Acta* 491-2003; 211–218
- [18] Monnier L, Piperno M, Colette C, J.-L. Schlienger: Applying nutritional and metabolic perspectives to the treatment of nephrolithiasis. *Médecine des maladies Métaboliques* - Septembre 2013 - Vol. 7 - N°4 doi:10.1016/S1957-2557(13)70593-5
- [19] Altman, N S. An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician* 46 (3): 1992; 175–185. doi:10.1080/00031305.1992.10475879.
- [20] Nasibov E, Kandemir-Cavas C. Efficiency analysis of KNN and minimum distance-based classifiers in enzyme family prediction *Computational Biology and Chemistry* 33- 2009; 461–464
- [21] Chen T, Zhang X, Jin S, Kimb O Efficient classification using parallel and scalable compressed model and its application on intrusion detection *Expert Systems with Applications* 41–2014; 5972–5983
- [22] Songbo T. An effective refinement strategy for KNN text classifier *Expert Systems with Applications* 30 – 2006; 290–298
- [23] Pedronette D C G, Penatti O A B, Torres R S. Unsupervised manifold learning using Reciprocal kNN Graphs in image re-ranking and rank aggregation tasks *Image and Vision Computing* 32– 2014; 120–130
- [24] Yu C, Cui B, Wang S, Su J. Efficient index-based KNN join processing for high-dimensional data. *Information and Software Technology* 49– 2007: 332–344
- [25] F. Crone S, Lessmann S, Stahlbock R. The impact of preprocessing on data mining: An evaluation of classifier sensitivity in direct marketing. *European Journal of Operational Research* 173– 2006; 781–800
- [26] Wu X, Kumar V, Quinlan J R, Ghosh J, Yang Q, Motoda H, J. McLachlan G, Ng A, Liu B, S. Yu P, Zhou Z, Steinbach M, J. Hand D, Steinberg D. Top 10 algorithms in data mining *Knowl Inf Syst* 2008; 14:1–37
- [27] Vapnik V. *Statistical learning theory*. Wiley, New York 1998.
- [28] Crammer K, Singer Y. On the Algorithmic Implementation of Multi-class SVMs, *JMLR*, 2001
- [29] J. Zaki M, Meira Jr W. *Fundamentals of Data Mining Algorithms*. Cambridge University Press, 2010.
- [30] Tsochantaridis I, Hofmann T, Joachims T, Altun Y. *Support Vector Learning for Interdependent and Structured Output Spaces*, *ICML*, 2004
- [31] Cissé Y, Kinouchi Y, Nagashino H, Akutagawa M. Identification of homeostatic dynamics for a circadian signal source using BP neural networks *ITBM-RBM* 2000; 21: 24–32
- [32] Chow TWS, Fei G, Cho SY. High order cumulants-based least squares for nonminimum-phase system identification. *IEEE Trans Signal Proc* 1997; 45: 104.5–50.
- [33] Faraway J, Chatfield C. Time series forecasting with neural network, a comparative study using the airline data. *Appl Stat J R Stat Soc Ser* 1998; 47: 231–50
- [34] Liu Q, Huang T. A neural network with a single recurrent unit for associative memories based on linear optimization. *Neurocomputing* 118– 2013; 263–267
- [35] Baxt W G. Use of an artificial neural network for data analysis in clinical decision making: the diagnosis of acute coronary occlusion, *neural computation* 1990; 2:480–489.
- [36] Baxt W G. Analysis of the clinical variables driving decision in an artificial neural network trained to identify the presence of myocardial infarction. Volume 21, Issue 12, December 1992; Pages 1439–1444
- [37] Patil S, Henry J W, Rubenfvie M, Stein P D. Neural Network in the clinical diagnosis of acute pulmonary embolism, *Chest* 1993; 104: 1685–1689.
- [38] Wu Y, Wu Y, Wang J, Yan Z, Qu L, Xiang B, Zhang Y. An optimal tumor marker group coupled artificial neural network for diagnosis of lung cancer. *Expert Systems with Applications* 38– 2011; 11329–11334.
- [39] Armoni A, Use of neural networks in medical diagnosis, *Medical Diagnosis Computing* 1998; 15: 100–104
- [40] Han M, Snow P B, Brandt J M, Partin A W. Evaluation of artificial neural networks for the prediction of pathologic stage in prostate carcinoma, *Cancer* 91(S8): 2001; 1661–1666.
- [41] HAMILTON D, O'MAHONY D, COFFEY J, MURPHY J, O'HARE N, FREYNE P, WALSH B, COAKLEY D. Classification of mild Alzheimer's disease by artificial neural network analysis of SPET data *Nuclear Medicine Communications* 1997; 18 : 805–810.

- [42] Pradhan C, Wuehr M, Akrami F, Neuhaeusser M, Huth S, Brandt T, Jahn K, Schniepp R. Automated classification of neurological disorders of gait using spatio-temporal gait parameters. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 25–2015; 413–422
- [43] Kalman B L, Kwasny S C. Proceeding at the International Joint Conference on Neural Networks, vol. 1, Publisher: IEEE Neural Networks Council, Baltimore, MD, June 1992, pp. 800–805.
- [44] Pierna J A F, Lecler B, Conzen J P, Niemoeller A, Baeten V, Dardenne P. Comparison of various chemometric approaches for large near infrared spectroscopic data of feed and feed products: *Analytica Chimica Acta* 705–2011; 30–34.
- [45] Baxt W G. Application of artificial neural networks to clinical medicine, *The Lancet* 346: 1995; 1135–1138
- [46] Davalo E, Naïm P, Des réseaux de neurones, Eyrolles, Paris 1990.
- [47] Bourret P, Reggia J, Samuelides M. Réseaux de neurones artificiels : une approche connexionniste de l'Intelligence Artificielle, Teknea. 1991
- [48] Touzet C. Les réseaux de neurones artificiels. Introduction au connexionnisme, 1992 ; EC2 Ed, Nanterre.
- [49] ABDI H. Les réseaux de neurones, Presses Universitaires de Grenoble, 1994 ; Grenoble.
- [50] Jodouin J.F. Les réseaux de neurones, principes et définitions, Hermès, Paris. 1994
- [51] Gross G W, Boone J M, Bishop D M. Pediatric skeletal age: determination with neural networks, *Radiology* 1995; 689–695.
- [52] Penny W, Frost D. Neural networks in clinical medicine, *Medical Decision Making*: 1996; 16: 386–398.
- [53] Schmitt A, Le Blanc B, Corsini M.-M, Lafond C, Bruzek J. Les réseaux de neurones artificiels. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2001 ; 13 (1 2)
- [54] Zupan J, Gasteiger J. *Neural Networks in Chemistry and Drug Design*, Wiley, New York, 1999.
- [55] Bos A, Bos M, Van der Linden W E. *Anal. Chem. Acta* 1992- 256- 133.

Impact of Liquidity Management on Profitability of Pakistani Firms: A Case of KSE-100 Index

Rizwan Ismail

Department of Business and Management Sciences,
Mirpur University of Science and Technology (MUST),
P.O. Box: 10250, Mirpur AJK, Pakistan

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 global financial crisis of 2007-08 has reverted the mounting importance of liquidity and profitability as a key concern in today's competitive business environment to generate funds internally. This study has examined the impact of the liquidity management on the performance of the 64 Pakistani non-financial companies constituting Karachi Stock Exchange (KSE) 100 Index for the period of 2006-2011. To derive the results of the study; descriptive statistical analysis, correlation analysis and multivariate regression tools of analysis were applied. According to the results of analyses, it is found that liquidity variables current ratio and the cash conversion cycle have significant positive impact on profitability (ROA). Further, results indicate that high current ratio and longer cash conversion cycle lead firms towards better performance. This study suggested firms to relax their credit sales policies, and devise inventory & collection turnover system in a wise manner to be more accessible to a large number of customers.

KEYWORDS: Liquidity, Profitability, Karachi Stock Exchange (KSE) 100 Index.

1 INTRODUCTION

The global financial crisis has changed the environment of capital market. This changed environment has made it difficult to easily achieve the required level of funds from the capital market; those are most suitable to absorb the losses of firms as a going concern or to meet obligations. The incapability of banks to raise fresh capital from capital market indicates the persistent need to focus on liquid assets and internally generated funds (Culp & Lexecon, 2009). Liquidity is the ability of cash, cash equivalent and other current assets to respond the current obligations of the business. Zygmunt (2013) said that liquidity is pivotal for survival of the business because of its influence on the sales dynamics, financial growth and level of risks. Strong liquidity helps small firms to generate funds internally and the large firms avoid insolvency (Padachi, 2006). Priya and Nimalathasan (2013) emphasized the planning and controlling of current assets and current liabilities in such a manner that reduces the danger of default and chances of excessive investment in the current assets. The marginal benefits of liquidity become less and disturbs the operations of the business when firms hold excessive cash amounts (Uremadu, Egbide & Enyi, 2012). Only an optimal level of cash holding is useful and worth much. An optimal level means the proficiency of the firm to utilize the additional current assets to generate profits without disturbing the ability to respond future needs (Ajao & Small, 2012).

Bolek and Wolski (2012) argued that the liquidity management policy of business is affected by long-term decision-making process. Receivables, inventories, and payables management sections may not make synchronized decisions about their policies that will eventually influence liquidity of the business. Further, the liquidity management policy varies with the varying nature of businesses, sizes, policies and legal systems of the countries. However, an efficient liquidity management policy ensures a level of current assets that certainly pay short-term liabilities without weakening the profitability (Manyo and Ogakwul, 2013).

Management of liquidity is not as simple as it seems. It involves different important aspects that require to minutely consider the costs and benefits. There are some theories emphasize the evaluation of the costs and benefits of different liquidity levels. Trade-off theory advocates that firms' management emphasis favorable liquidity level to balance the costs and benefits of cash holdings. The cost of cash holdings is the low yield of these liquid assets because of liquidity premium and tax disadvantages (Ajao & Small, 2012). Businesses must keep liquidity risk premium in consideration to secure a competitive position in market while using external resources to maintain liquid assets. Frank and Goyal (2005) stated that in all the theories of trade-off, there is an evaluation of the cost and benefits of alternative capital structure plans. The notion of cost and benefit raises the importance of funds have least cost, reasonable benefits and readily available; the liquid assets. Ferreira and Vilela (2004) reported that the pecking order and trade-off theories guide the cash holding decisions of the firm. The cash holding approach shrinks the chances of financial problems; reduces the cost of external financing and permits to formulate an investment plan by meeting financial limitations. Further, cash holdings help to respond different opportunities without entirely depending capital (Abushammala & Sulaiman, 2014).

The pecking order theory describes the need of cash holdings to enhance performance. This theory was presented by Myers and Majluf (1984) that helps to understand the importance of internally maintained liquid assets. Theory holds the concept that firm prefers finance sources in order of the easiest to obtain first. According to the theory, firms first prefer retained earnings (available liquid assets) as a source of finance for investments, next the debt, and finally the equity financing (Copeland, Weston & Shastri, 2005). The focus of this theory is on the use of internal resources or least expensive resources of the firm. Servaes and Tufano (2006) said that firms primarily use cash holdings in case, if they sense high requirements of investment and inadequate profits. If this source fails to meet their requirements, then the debt will be, consider as a source of funds for business. There are definite reasons for taking among different financing options and their associated costs. Ross, Westerfield and Jordan (2008) argued that selling securities to raise cash can be expensive, so it gives logic to avoid external financing if possible. If a firm is enough profitable to finance its business needs, then there will be no or less level of external financing.

While management of different extents of business (including liquidity) the focus of all activities spins around the profits. Profit earning is the primary purpose of business, but not the sole one. Businesses should avoid decisions solely centering the profits without considering the other consequences. Profits are generated by the use of available business resources to maximize firm's value. Profit growth depends upon the efficiency of firms to manage the costs, production process and sales (Uchenna, Mary & Okelue). Samuelson and Nordhaus (2010) mentioned two types of profits: accounting profits and economic profits. Accounting profits are the residual earnings excluding implicit costs (opportunity costs) whereas; economic profits are the residual earnings after excluding opportunity and money costs. Profit and profitability are two components to measure performance and operational efficiency of any firm. Rehman (2011) stated in his study that profit is an absolute measure, whereas the profitability is a relative measure of operational efficiency of the firm. Kaur and Silky (2013) stated that profitability shows the efficiency of the management to make profits by using the resources available in the market. Profitability ratios are helpful to gauge management ability to generate earnings from sales, face financial downturn, and withstand the competition (Ajanthan, 2013).

Nimer, Warrad and Omari (2013) reported that owners of the company are attentive to the firm's ability to make, sustain and improve profits. Improvement in profit, results in increased shares' prices. Schumpeter (1947) presented a theory that grasps the concept of innovation as a dynamic force for economic growth and profitability. This theory stated that competitive environment drive firms learn and incorporate innovative methods to do business. McCraw (2007) mentioned some supplement lines to bring the unique and innovative impacts. His study mentioned that the only adaptive reaction is not enough to bring some major impacts; rather adaptability with a sense of creativity will distinguish the firm from the competitors' reaction. Fles (1939) reported in his study that setting up new production facilities, launching new commodities, ownership of new firms such as mergers, and accessing new markets are the activities enclosed under the concept of innovation in a capitalist economy. In this situation profits are the premiums generated by successful innovations in the capitalist economy. Investment in productive activities will reduce the wastages and maximize the profit margins. Schumpeter (1947) argued that adaptive and creative responses make it easy to produce and sell goods at cheap prices. This is possible only through innovation in tools, commodity and expertise. Basically, all the discussion of the theory emphasizes the same thought that how to manage resources among innovative ideas, tools and equipment to earn high profits. Both liquidity and profitability have same importance and vital role to smoothly run business without compromising opportunities.

Priya and Nimalathasan (2013) cited a negative relationship between liquidity and profitability. This negative relationship requires sensible management and a balance between these two most important strategic areas (Makori & Jagongo, 2013). Egbide, Uwuigbe and Uwalomwa (2013) reported that the excessive level of current assets in case of stable market risk results an ineffective utilization of resources and ultimately disturb profitability. Continuing the tradeoff Bolek and Wolski (2012) mentioned a positive relationship between liquidity and profitability up to a limit, but after that, it will become

negative and any increase in liquidity may lead to insolvency. It holds the same concept as discussed in cost-benefit theory that unnecessarily investment in cash holdings will diminish marginal benefits.

The concepts of liquidity and profitability have several variables. These variables extend their services to identify the current management situation and suggest remedies to overcome weaknesses. Liquidity variables, current ratio indicate a firm's aptitude to meet its current liabilities with its current assets and the quick ratio emphasizes on the ability of quick assets (current assets less inventories and prepayments) to pay current liabilities (Horne & Wachowicz, 2008). Whereas the cash ratio is the instant and readily liquidness of a firm in order to pay its current debts. Reasonably, cash ratio is a helpful liquidity measurement indicator where the inventories and receivables are naturally slow moving (Gibson, 2010). Cash cycle reveals a management perspective in making financial and operating decisions. It tells the time duration of cash realization from operations. Whereas profitability variable return on assets measures the efficiency of the firm to generate profits by utilizing assets (Horne & Wachowicz, 2008). It indicates either assets are in proper utilization or not.

1.1 PURPOSE OF STUDY

The purpose of this study is to analyze the impact of liquidity management on the performance of firms. The liquidity position of business is essential for day-to-day operations and survival of any business in today's competitive business environment to generate funds internally. Strong liquidity position helps firms to pay its current obligations without compromising profitability. It reduces short term as well as current obligations of long-term debts. It also helps to better utilize all available resources and generate profits (performance) without any risk.

1.2 RESEARCH QUESTION

- What is the impact of liquidity management on the performance of the Pakistani Companies?

1.3 OBJECTIVES

The main objective of this study is:

- To check the impact of liquidity management on the performance of the Pakistani Companies.

1.4 SIGNIFICANCE OF STUDY

The nature of the relationship exists between liquidity and performance may vary from sector to sector, but the existence of a relationship cannot be ignored. Managerial perspective is very important for better profitability and efficient management of liquidity. The favorable liquidity and performance growth are helpful indicators to drive stakeholders' behaviors (Manyo & Ogakwu, 2013). A diminishing movement of profitability indicates a poor strategy of the liquidity management. This study will attempt to identify the nature of the relationship between liquidity and profitability variables. This identification will help to carefully devise trade policies. Further, this study will help management to know the most important factors to be in focus minutely to make sound decisions for better management of liquidity and profitability matters.

2 LITERATURE REVIEW

Previously, many research studies conducted to discover the nature of the relationship between liquidity and profitability. All the studies in this area were completed with some similarities and differences to fill the research gaps. However, the nature of the relationship between liquidity and profitability yet need to be resolved, as contrary results exist. The importance of this study is more worthy in the developing countries of the world where the overall business environment is more uncertain.

Tradeoff and pecking order theories center the importance of the thought of liquid assets. Tradeoff advocates an inverse relationship between liquidity and profitability that center the cost and benefit of every decision. Whereas, pecking order advocate the positive relationship between liquid assets and performance. Priya and Nimalathasan (2013) studied ten Sri-Lankan manufacturing companies listed on Colombo Stock exchange (CSE) and Zygmunt (2013) studied Polish IT companies continuously listed on Warsaw Stock Exchange. The aim of the investigations was to find out the impact of the liquidity on the profitability. Both studies indicated that there is a negative relationship between liquidity and profitability. Zainudin (2006) researched small and medium manufacturing enterprises of Malaysia to explore the correlation between liquidity and

profitability. For this purpose, study has investigated 145 small and medium enterprises for the period of 1999-2003. The study founded a positive relationship between liquidity (CRR) and profitability (ROA).

Ahmed (2013); Ajanthan (2013); Alavinasab and Davoudi (2013); Bolek (2013); Manyo and Ogakwu (2013); Ajao and Small (2012); Azam and Haider (2011); Haq, Sohail, Zaman and Alam (2011); and Rahman (2011) in their studies examined the influence of liquidity on return on assets. The results of studies revealed a significant positive relationship between current ratio and return on assets. Results of study inferred that companies with strong liquidity ratios tend to face lower risk and better performance. The revealed nature of the relationship is contrary to trade-off relationship between liquidity and profitability as both are conflicting goals.

Bhunia, Khan and Mukhuti (2011) observed a mixed impact of liquidity on profitability during the investigation of the top four Steel companies in India. Results showed that current ratio of Tata Steel Ltd is positively associated with profitability, current ratio of Lloyds Steel Ltd is negatively associated with profitability, current ratio of Kalyani Steels Ltd is negatively associated with profitability and the current ratio of JSW Steel Ltd is positively associated with profitability. Kaur and Silky (2013) studied all the companies listed on the National Stock Exchange of India to analyze the impact of working capital management in terms of liquidity management on profitability. The revealed result is consistent with the trade-off theory that there is a negative relationship between current ratio and return on assets. Agha (2014) and Afeef (2011) founded that there is no significant relationship exist between current ratio and profitability (ROA).

Kaur and Silky (2013) and Malik and Ahmed (2013) founded that there is a negative association between quick ratio and return on assets. The study supports the trade-off theory of liquidity and profitability. Any increase in liquidity will cause a diminishing trend in asset utilization capability of the firm. Ajanthan (2013); Egbide et al. (2013); Nimer et al. (2013); Haq et al. (2011) and Rahman (2011) in their studies founded that there is a significant positive relationship between quick ratio and return on assets. Bhunia et al. (2011) reported that the quick ratio of Tata Steel Ltd is negatively associated with profitability, quick ratio of Lloyds Steel Ltd is positively associated with profitability, quick ratio of Kalyani Steels Ltd is negatively associated with profitability and quick ratio of JSW Steel Ltd is negatively associated with profitability.

Ajanthan (2013); Egbide et al. (2013) and Saleem and Rehman (2011) studied the relationship between liquidity and profitability. The studies revealed that there is a positive relationship between cash ratio and profitability. Bhunia et al. (2011) founded that cash ratio of Tata Steel Ltd is positively associated with profitability, cash ratio of Lloyds Steel Ltd is positively associated with profitability, cash ratio of Kalyani Steels Ltd is positively associated with profitability and cash ratio of JSW Steel Ltd is negatively associated with profitability.

Alavinasab and Davoudi (2013); Anser and Malik (2013); Bolek (2013); Egbide et al. (2013); Makori and Jagongo (2013); Manyo (2013); Ajao and Small (2012); Ogundipe, Idowu and Ogundipe (2012); Uremadu et al. (2012); Azam and Haider (2011); Saghir, Hashmi and Hussain (2011); Vijayakumar (2011); Karaduman, Akbas, Ozsozgun and Durer (2010) and Padachi (2006) founded that cash conversion cycle has a negative relationship with return on assets. A short period of cash conversion cycle can increase performance and quickly realize cash to utilize for different productive purposes. In short growth of the payment period, collection period, and inventory period will help to increase profitability of companies.

Zygmunt (2013) reported that increase in the growth of the cash conversion cycle will increase the profitability of Polish IT companies. The study has revealed a positive relationship between ROA and growth of the inventory sale period, collection period & account payables period. Uchenna et al. in his study examined world's top four brewery companies listed on different Stock Exchanges across the world for the period of 2000-2011. The purpose of the study was to explore the effect of different working capital measures on the profitability of companies. The analytical results of the study emphasized the importance of CCC growth to manage working capital as a growth dynamic of profitability.

Afeef (2011) investigated the impact of working capital management on the profitability of the firms. The study covered 40 small and medium enterprises listed on Karachi Stock Exchange over the period of six years from 2003-2008. The study founded an insignificant relationship between cash conversion cycle and ROA. Bagchi, Chakrabart and Roy (2012) studied the influence of working capital variables on the profitability of 10 Fast Moving Consumer Goods companies in India for the period of 2000-01 to 2009-10. The results of Pearson's analysis indicated a negative relationship between cash conversion cycle and return on assets. Whereas contrary to the traditional results, Spearman's correlation coefficient and regression analysis indicated a positive relationship between cash conversion cycle and return on assets.

Results and practical limitations of earlier studies have a vacuum that compels to do more improved, clear, extensive and comprehensive research studies in the same area. This study has tried to fill some gaps observed in earlier studies by sampling KSE-100 Index companies listed on Karachi Stock Exchange.

2.1 HYPOTHESES

After reviewing the literature following hypotheses are developed:

H₁: Current Ratio is positively associated with the firm performance.

H₂: Quick Ratio is positively associated with the firm performance.

H₃: Cash Ratio is positively associated with the firm performance.

H₄: Longer cash conversion cycle is negatively associated with the firm performance.

3 METHODOLOGY

The purpose of this study is to analyze the impact of the liquidity management on the performance of the Pakistani Firms constituting KSE 100 Index. Data sources of the study are audited annual reports of companies, and balance sheet analysis (2006-2011) by State Bank of Pakistan. In this study entire population (KSE-100 Index) is sampled for the period from 2006 to 2011. Next consistent with the study of Abushammala and Sulaiman (2014), this study dropped companies with incomplete data and financial companies due to their dissimilar nature. Finally, 64 non-financial companies are considered for the period of investigation 2006-2011. To derive the results of the study; descriptive statistical analysis, correlation analysis and multiple regression; tools of analysis are applied. E-views8 is used for analysis.

Following quantitative model is used for multiple regression analysis.

$$ROA = \beta_0 + \beta_1 CRR + \beta_2 QUR + \beta_3 CR + \beta_4 CCC + U_t$$

Where **ROA** is return on assets, **CRR** is current ratio, **QUR** is quick ratio, **CR** is cash ratio and **CCC** is cash conversion cycle. **U_t** is the error term. The liquidity (independent) indicators of the study are current ratio, quick ratio, cash ratio, and the cash conversion cycle, whereas profitability (dependent) indicator is return on assets. Table 5 shows the calculations of liquidity and profitability variables.

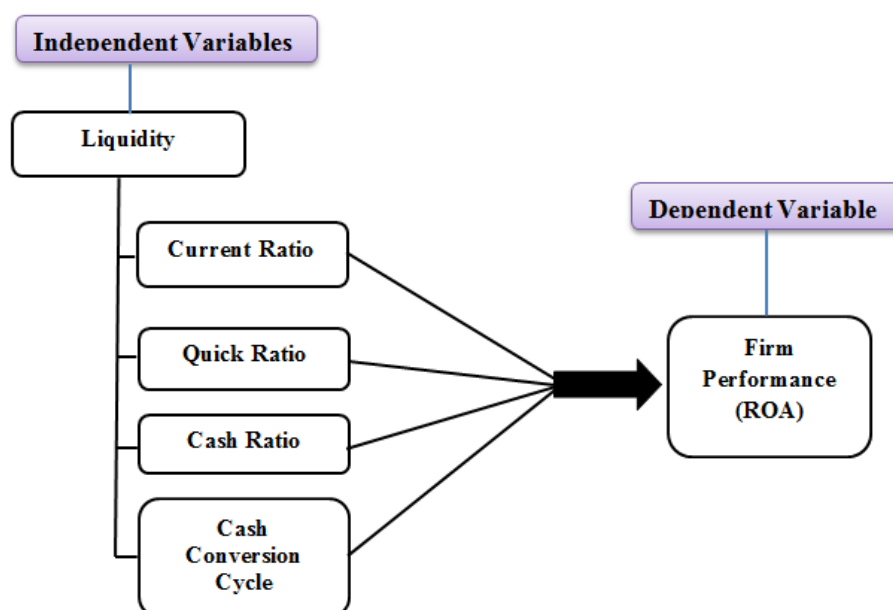
$$Profitability = f(Liquidity)$$

$$Profitability = f(Current Ratio, Quick Ratio, Cash Ratio, Cash Conversion Cycle)$$

$$Return\ on\ Assets = f(Current\ Ratio, Quick\ Ratio, Cash\ Ratio, Cash\ Conversion\ Cycle)$$

The current ratio compares assets that will convert into cash within one year with the obligations due for outflows, in the same period (Wood & Sangster, 2010). Quick ratio shows a firm's ability to meet the current liabilities with its quick (liquid) assets (Horne & Wachowicz, 2008). The cash ratio is the instant and readily liquidity of a firm in order to pay its current debts (Gibson, 2010). Horne and Wachowicz (2008) stated that the cash conversion cycle is the duration of time from the outflow of cash for purchases until the collection of receivables resulting from the sale of goods or services. Return on assets measures the efficiency of the firm to generate profits by assets utilization (See Table 5).

3.1 CONCEPTUAL FRAMEWORK



4 RESULTS DISCUSSION

The data of 64 non-financial companies observed in Eviews8 to remove outliers and reach the results. The descriptive analysis shows the maximum 381 days length of the cash cycle that indicate a delayed cash conversion process of some companies. On the other side -6 days of CCC indicate the behavior of some firms to delay the payments and speed up collection of cash from customers. The average days of cash conversion are 56.251 and majority of CCC facts is crowded at a positive side. The mean cash ratio is 0.454 that is short from the ideal cash ratio of 0.50. This mean value tells about the average behavior of sampled firms in maintaining cash reserves to meet their current obligations. The tail of values is representing a tendency towards the positive side as the majority of values lies on the positive side of the mean value. Current and quick ratios mean values indicate that both are below the standard proportion 2:1 and 1:1 respectively. The mean value of return on assets is 8.918 and the majority of the values are clustered at a positive side but close to the mean value. (See Table 1).

The correlation result for CCC and ROA 0.128 indicate a weak positive correlation between two variables. For CR, CRR and QUR correlation with ROA lies between 0.30-0.50 indicate a medium positive correlation (See Table 2).

The results of regression analysis have been discovered in Table 3. Regression analysis statistically helps to estimate relationship among independent and dependent variables. In this study, ordinary least square (OLS) parametric regression is applied. R square explains 25.50% variation in the dependent variable as a result of changes in independent variables used in this study. F-Stat is 30.869; Durbin-Watson Stat is 2.121 which indicate that there is no problem of autocorrelation in the modeled equation's variables. Probability of F-Stat <0.05 indicates the model good fit. Further, the results of regression analysis show that there is a significant positive relationship exists between cash cycle and return on assets that is contrary to the hypothesis of the study. This result is consistent with the result of the study of Bagchi et al. (2012) based on Spearman's correlation coefficient and regression analysis. The p-value for CCC and ROA relationship is 0.0481 with a coefficient of 0.0180, which is significant. A significant positive relationship between CCC and ROA tells that delayed cash conversion process will result in an increase in sales and profits. The longer cash cycle makes the firm prospective for large number of customers to approach; which in turn increases the volume of revenue generated during the period. Further, it indicates the relaxed policy to receive the debts from customers (See Table 3).

Cash ratio and quick ratio indicate insignificant relationship with return on assets. The results indicate that current ratio has a significant positive association with return on assets. The p-value <0.05 with a coefficient of 4.4627 indicates a significant positive relationship between CRR and ROA. This result is consistent with the studies of Ahmed (2013); Bolek (2013); Alavinasab and Davoudi (2013); Ajanthan (2013); Manyo and Ogakwu (2013); Ajao and Small (2012); Azam and Haider (2011); Haq et al. (2011); Rahman (2011) and Zainudin (2006). This regression result supports our hypothetical framework about the relationship between current ratio and return on assets (See Table 3).

The significant positive association between CCC and ROA & between CRR and ROA (See Table 3) indicates that longer CCC may block cash in the cycle and make it essential for Pakistani firms to maintain more current assets in order to keep smooth day-to-day operations. Longer CCC focus on delayed collections from debtors, but quick payments to the creditors. This measure of quicker payment will give a positive message to business creditors and will ultimately improve firms' credit rating. In this particular scenario, it will not be a difficult task for firms to finance their current assets need by capitalizing retained earnings or external debt source.

From the findings of the analyses, the following results are established regarding hypotheses of the study. H_1 is accepted as the result shows that the current ratio is positively associated with return on assets. Study results rejected the H_2 and H_3 as there is no positive association between quick ratio and ROA, and between cash ratio and ROA. Further, the study has rejected H_4 and found a significant positive relationship between CCC and ROA. This positive relationship is contrary to the established hypothetical relationship (See Table 4).

5 CONCLUSION

This study has examined the impact of the liquidity management on the performance of the Pakistani Firms constituting KSE 100 Index. The results of regression analysis have been discovered in Table 3. The regression analysis results indicate that high current ratio and longer CCC lead firms towards better performance in terms of return on assets. The study found that current ratio has a significant positive impact on ROA of the sampled firms. This result is consistent with the studies of Ahmed (2013); Bolek (2013); Alavinasab and Davoudi (2013); Ajanthan (2013); Manyo and Ogakwu (2013); Ajao and Small (2012); Azam and Haider (2011); Haq et al. (2011); Rahman (2011) and Zainudin (2006). Current assets are useful for firms to withstand and survive in a financial distress situation. Additionally, business expansion programs require enough cash assets to maintain day-to-day operations alongside the long-term external financing.

Cash and quick ratios show insignificant association with the performance of sampled firms. Further, the results of a regression show that there is a significant positive relationship exists between cash cycle and return on assets. The result of study is consistent with the study Bagchi et al. (2012) based on Spearman's correlation coefficient and regression analysis. A significant positive relationship between CCC and ROA tells that a longer cash conversion process will result an increase in sales and profits. The longer cash cycle can make the firms approachable for a large number of customers; which can in turn increase the volume of revenue generated during the period. This study suggests sampled firms to relax their credit sales policies, and devise inventory & collection turnover system in a wise manner to be more accessible to a large number of customers. This study also suggests managers to pay business' obligations in a reasonable period to ensure smooth functions and credit benefits. This measure will enhance their performance and revenues in the future. The availability of historical data was an issue to extend the study area. It is a recommendation for further research to consider an increased number of the companies listed on Karachi Stock Exchange with some different variables of liquidity and profitability and recent statistics of companies.

REFERENCES

- [1] Abushammala, S. N., & Sulaiman, J. (2014, Sep). Cash Holdings and Corporate Profitability: Some Evidences form Jordan. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8(3), 898-907.
- [2] Afeef, M. (2011). Analyzing the Impact of Working Capital Management on the Profitability of SME's in Pakistan. *International Journal of Business and Social Science*, 2(22), 173-183.
- [3] Agha, H. (2014). Impact Of Working Capital Management On Profitability. *European Scientific Journal*, 10(1), 374-381.
- [4] Ajanthan, A. (2013). A Nexus Between Liquidity and Profitability: A Study Of Trading Companies In Sri Lanka. *European Journal of Business and Management*, 5(7), 221-237.
- [5] Ajao, O. S., & Small, O. S. (2012). Liquidity Management and Corporate Profitability: Case Study of Selected Manufacturing Companies Listed on the Nigerian Stock Exchange. *Business Management Dynamics*, 2(2), 10-25.
- [6] Alavinasab, S. M., & Davoudi, E. (2013). Studying the relationship between working capital management and profitability of listed companies in Tehran stock exchange. *Business Management Dynamics*, 2(7), 1-8.
- [7] Anser, R., & Malik, Q. A. (2013). Cash Conversion Cycle and Firms' Profitability – A Study of Listed Manufacturing Companies of Pakistan. *IOSR Journal of Business and Management*, 8(2), 83-87.
- [8] Azam, M., & Haider, I. (2011). Impact of Working Capital Management on Firms' Performance: Evidence from Non-Financial Institutions of KSE-30 Index. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(5), 481-492.
- [9] Bagchi, B., Chakrabarti, J., & Roy, P. B. (2012). Influence of Working Capital Management on Profitability: A Study on Indian FMCG Companies. *International Journal of Business and Management*, 7(22), 1-10.

- [10] Bhunia, A., Khan, I., & Mukhuti, S. (2011). A Study of Managing Liquidity. *Journal of Management Research*, 3(2), 1-22.
- [11] Bolek, M. (2013). Profitability As A Liquidity And Risk Function Basing On The New Connect Market In Poland. *European Scientific Journal*, 9(28), 1-15.
- [12] Bolek, M., & Wolski, R. (2012). Profitability or Liquidity: Influencing the Market Value The Case of Poland. *International Journal of Economics and Finance*, 4(9), 182-190.
- [13] Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. (2005). *Financial Theory and Corporate Policy* (Fourth ed.). New York, America: Addison Wesley.
- [14] Culp, C. L., & Lexecon, C. (2009). Contingent Capital Vs Contingent Reverse Convertibles for the Banks and Insurance Companies. *Journal of Applied Corporate Finance*, 21(4), 17-27
- [15] Egbide, B. C., Uwuigbe, O., & Uwalomwa, U. (2013). Liquidity Management and Profitability of Manufacturing Companies in Nigeria. *IOSR Journal of Business and Management*, 9(1), 13-21.
- [16] Fels, R. (1939). *Joseph Schumpeter, Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York, America: McGraw-Hill Book Company.
- [17] Ferreira, M. A., & Vilela, A. S. (2004). Why Do Firms Hold Cash? Evidence from EMU Countries. *European Financial Management*, 10(2), 295-319.
- [18] Frank, M. Z., & Goyal, V. K. (2005). *Trade-off and Pecking Order Theories of Debt*. Center of Corporate Governance.
- [19] Gibson, C. H. (2010). *Financial Reporting & Analysis: Using Financial Accounting* (Twelfth Edition ed.).
- [20] Haq, I. U., Sohail, M., Zaman, K., & Alam, Z. (2011). The Relationship between Working Capital Management and Profitability: A Case Study of Cement Industry in Pakistan. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2(2), 365-372.
- [21] Horne, J. C., & Wachowicz, J. M. (2008). *Fundamentals of Financial Management* (Thirteenth ed.). New York: Prentice Hall Inc.
- [22] Karaduman, H. A., Akbas, H. E., Ozsozgun, A., & Durer, S. (2010). Effects Of Working Capital Management On Profitability: The Case For Selected Companies In The Istanbul Stock Exchange (2005-2008). *International Journal Of Economics And Finance Studies*, 2(2), 47-54.
- [23] Kaur, S. S., & Silky, J. (2013). A Study on Liquidity and Profitability of Selected Indian Cement Companies: A Regression Modeling Approach. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 1(1), 1-24.
- [24] Makori, D. M., & Jagongo, A. (2013). Working Capital Management and Firm Profitability: Empirical Evidence from Manufacturing and Construction Firms Listed on Nairobi Securities Exchange, Kenya. *International Journal of Accounting and Taxation*, 1(1), 1-14.
- [25] Malik, Q. A., & Ahmed, S. F. (2013). Idiosyncratic Effect of Liquidity Management Strategies on Corporate Performance Valuation-A Study of Chemical Industry. *World Applied Sciences Journal*, 28(1), 114-119.
- [26] Manyo, T. S. (2013). Does Cash Conversion Cycle Have Impact on Return on Assets of Nigerian Firms? *Research Journal of Finance and Accounting*, 4(14), 34-43.
- [27] Manyo, T. S., & Ogakwu, V. N. (2013). Impact of Liquidity on Return on Assets of Firms: Evidence from Nigeria. *International Journal of Management & Information Technology*, 6(3), 885-894.
- [28] McCraw, T. K. (2007). *Prophet of Innovation: Joseph Schumpeter and Creative Destruction*. United States of America: The Belknap Press of Harvard University Press.
- [29] Nimer, M. A., Warrad, L., & Omari, R. A. (2013). The Impact of Liquidity on Jordanian Banks Profitability Through Return on Assets. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 5(7), 70-76.
- [30] Ogundipe, S. E., Idowu, A., & Ogundipe, L. O. (2012). Working Capital Management, Firms' Performance and Market Valuation in Nigeria. *International Journal of Social, Human Science and Engineering*, 6(1), 19-23.
- [31] Padachi, K. (2006). Trends in Working Capital Management and its Impact on Firms' Performance: An Analysis of Mauritian Small Manufacturing Firms. *International Review of Business Research Papers*, 2(2), 45-58.
- [32] Priya, K., & Nimalathasam, B. (2013). Liquidity Management and Profitability: A Case Study of Listed Manufacturing Companies in Sri Lanka. *International Journal of Technological Exploration and Learning*, 2(4), 161-165.
- [33] Rehman, M. M. (2011). Working Capital Management and Profitability: A Study on Textiles Industry. *ASA University Review*, 5(1), 115-132.
- [34] Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jordan, B. D. (2008). *Fundamentals of Corporate Finance* (Eighth ed.). New York, America: McGraw-Hill Irwin.
- [35] Saghir, A., Hashmi, F. M., & Hussain, M. N. (2011). Working Capital Management And Profitability: Evidence From Pakistan Firms. *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*, 3(8), 1092-1105.
- [36] Saleem, Q., & Rehman, R. U. (2011). Impacts of liquidity ratios on profitability (Case of oil and gas companies of Pakistan). *Interdisciplinary Journal of Research in Business*, 1(7), 95-98.
- [37] Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2010). *Economics* (Nineth ed.). New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- [38] Schumpeter, J. A. (1947). The Creative Response in Economic History. *The Journal of Economic History*, 7(2), 149-159.

- [39] Servaes, H., & Tufano, P. (2006). The Theory and Practice of Corporate Liquidity Policy. *Deutsche Bank hosted conference*, 1-53.
- [40] Uchenna, A. W., Mary, O. I., & Okelue, U. D. (n.d.). Effects Of Working Capital Management On Profitability: Evidence From The Topfive Beer Brewery Firms In The World. *Asian Economic and Financial Review*, 2(8), 966-982.
- [41] Uremadu, S. O., Egbide, B. C., & Enyi, P. E. (2012). Working Capital Management, Liquidity and Corporate Profitability among quoted Firms in Nigeria Evidence from the Productive Sector. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 2(1), 80-97.
- [42] Vijayakumar, A. (2011). Management of Corporate Liquidity and Profitability: An Empirical study. *International Journal of Marketing and Technology*, 1(6), 156-175.
- [43] Wood, F., & Sangster, A. (2010). *Business Accounting* (Eleventh ed.). Noida, U.P, India: Dorling Kindersley (India) Pvt.
- [44] Zainudin, N. (2006). Liquidity-Profitability Trade-off: Is It Evident Among Malaysian SMEs? *International Journal of Management Studies*, 13(2), 107-118.
- [45] Zygmunt, J. (2013). Does liquidity impact on profitability? A case of polish IT companies. *Conference of Informatics and Management Sciences*, 247-251.

APPENDIX

Table 1. Descriptive analysis of liquidity and profitability variables

	CCC	CR	CRR	QUR	ROA
Mean	56.251	0.454	1.494	0.746	8.918
Median	39.468	0.223	1.240	0.610	7.433
Std. Dev.	52.780	0.547	0.837	0.648	10.477
Maximum	381.390	2.762	3.910	3.130	38.481
Minimum	-6.390	0.000	0.190	0.000	-22.739
Skewness	1.631	1.635	1.008	1.373	0.199

Note. Cash conversion cycle (CCC), Cash ratio (CR), Current ratio (CRR), and Quick ratio (QUR) are liquidity variables, whereas Return on assets (ROA) is profitability variable.

Table 2. Correlation matrix between liquidity and profitability variables

	CCC	CR	CRR	QUR	ROA
CCC	1				
CR	0.055	1			
CRR	0.070	0.661	1		
QUR	0.117	0.826	0.770	1	
ROA	0.128	0.404	0.482	0.437	1

Note. Cash conversion cycle (CCC), Cash ratio (CR), Current ratio (CRR), and Quick ratio (QUR) are liquidity variables, whereas Return on assets (ROA) is profitability variable.

Table 3. Multivariate regression analysis

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Stat	Probability
C	-0.4379	1.0953	-0.3998	0.6895
CCC	0.0180	0.0091	1.9832	0.0481*
CR	2.3195	2.0993	1.1049	0.2699
CRR	4.4627	1.2238	3.6467	0.0003*
QUR	0.8332	1.8301	0.4553	0.6492
R-squared	0.255	Durbin-Watson stat		
Adjusted R-squared	0.247			
F-statistic	30.869			
Prob. (F-statistic)	0.0000			

Note. Cash conversion cycle (CCC), Cash ratio (CR), Current ratio (CRR), and Quick ratio (QUR) are independent variables, whereas Return on assets (ROA) is a dependent variable. (**Note.** * $P < 0.05$)

Table 4. Hypothesis test

Hypotheses	Analysis Tool	Result
H1: Current Ratio is positively associated with the firm performance.	Regression	Accepted
H2: Quick Ratio is positively associated with the firm performance.	Regression	Rejected
H3: Cash Ratio is positively associated with the firm performance.	Regression	Rejected
H4: Longer cash conversion cycle is negatively associated with the firm performance.	Regression	Rejected

Table 5. Calculations of liquidity and profitability ratios

Variables		Calculations
Liquidity Variables		
1	Current Ratio	$\text{Current Ratio} = \frac{\text{Current Assets}}{\text{Current Liabilities}}$
2	Quick Ratio	$\text{Quick Ratio} = \frac{\text{Current Assets} - \text{Inventories}}{\text{Current Liabilities}}$
3	Cash Ratio	$\text{Cash Ratio} = \frac{\text{Cash Equivalents} + \text{Marketable Securities}}{\text{Current Liabilities}}$
4	Cash Cycle	$\text{Cash Cycle} = \text{Inventory Turnover in days} + \text{Receivable turnover in days} - \text{Payable turnover in days}$
Profitability Variable		
1	Return on assets	$\text{Return on assets} = \frac{\text{Net Profit after taxes}}{\text{Total Assets}} \times 100$

Enquête sur la pharmacopée des bonobos (*Pan paniscus*, Primates) dans un foyer endémique et Mise en évidence de l'activité anti-drépanocytaire chez un taxon végétal (*Treculia africana* Decne ex Trécul, Moraceae) testé *in vitro*

[Survey on the bonobos (*Pan paniscus*, Primates) pharmacopoeia in an endemic area and *in vitro* antisickling activity of a plant taxon (*Treculia africana* Decne ex Trécul, Moraceae)]

Grégoire E. Ekutsu¹⁻⁴, Koto-te-Nyiwa Ngbolua¹⁻⁴, Mathieu B. Bolaa², Pius T. Mpiana³, Bokolombe P. Ngoy³, Masengo C. Ashande⁴, Damien S.T. Tshibangu³, and Gédéon N. Bongo¹⁻⁵

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

²Biodiversity Team Leader, Mai-Ndombe REDD⁺ project, Ecosystem Restorate Associate, Wildlife Works, Inongo, RD Congo

³Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Scientific Committee for Research, Conservation and the Development of Biodiversity, Faculty of Science, University of Kinshasa, RD Congo

⁵Department of Veterinary Microbiology and Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, ChuoKikuu P.O. Box. 3015, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzania

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 use of great apes Pharmacopoeia or zoo-pharmacognosy is a very promising strategy for the treatment of human diseases due to the phylogenetic proximity of humans and non-human primates (NHP) as Bonobos. In total, more than 40 direct fields' observations of bonobos have been performed for five months. A high number of direct observations were recorded in August followed by September while there was less observations in June. The average size and composition of the group for August is estimated at 19 individuals with 8 males, 9 females and 2 young whereas the size recorded in September was of 12 individuals including 5 males, 6 females and 1 young. Physicochemical and blood-biochemical analysis results performed on bonobos urine within their natural habitat shown the presence of bilirubin in some urine specimens (a formation of an azo derivative with a diazonium salt). The presence of a lot of leukocytes in urine is an indication of Plasmodium infection since we are in Malaria endemic regions. These results confirm the evidence of great ape pathological condition and then these could be considered as a biological model for testing and/or validating the self-medication hypothesis and the anti-hemolytic effects of plants consumed by NHP that could be profitable to the sickle cell individuals. The survey revealed that the pharmacopoeia of bonobos of Lomako Nature Reserve consists of 35 plant species. The bioassay test showed that *Treculia africana*, a plant being part of the diet of the bonobos, inhibits the sickling of red blood cells *in vitro* in hypoxic conditions and can serve as a source of bioactive metabolites for promoting an antisickling nutritherapy in Democratic Republic of the Congo. The relationship between the pharmacopoeia of apes and sickle cell anemia is an original approach. Thus, it opens up new perspectives for the treatment of this hemoglobinopathy through modulating effects of secondary metabolites of plant origin on the epi-genome.

KEYWORDS: Zoo-pharmacognosy, bonobo, *Treculia africana*, Sickle cell Disease, DR Congo.

RESUME: Le recours à la pharmacopée des grands singes ou zoo-pharmacognosie est une stratégie très prometteuse pour la prise en charge des maladies humaines du fait de la proximité phylogénétique de l'homme et des primates non humains (PNH) tel que les Bonobos. Au total, plus de 40 observations directes de bonobos pendant cinq mois. Le mois d'août a enregistré un taux élevé de nombre d'observation directe suivi de septembre alors que le mois de juin a eu un faible taux de nombre d'observation. La taille et la composition moyenne du groupe pour le mois d'août est évaluée à 19 individus dont 8 mâles, 9 femelles et 2 jeunes alors que le mois de septembre a enregistré une taille moyenne de 12 individus dont 5 mâles, 6 femelles et 1 jeune. Les résultats des analyses physico-chimiques et hémato-biochimiques effectuées sur les urines des bonobos dans leur habitat naturel ont montré que les urines de quelques specimens contiennent la bilirubine (formation d'un dérivé azoïque avec un sel de diazonium). La présence de beaucoup de leucocytes dans l'urine est une indication d'infections plasmodiales étant donné que nous sommes en régions d'endémie palustre. Ces résultats confirment l'évidence d'un état pathologique chez ces grands singes et ces derniers peuvent alors être considérés comme modèle biologique pour tester et/ou valider l'hypothèse d'automédication et d'effets anti-hémolytiques possibles des plantes consommées par les PNH et qui pourraient être bénéfiques aux sujets drépanocytaires. L'enquête réalisée révèle que la pharmacopée des bonobos de la réserve naturelle de Lomako est constituée de 35 espèces végétales. Le test biologique a montré que *Treculia africana*, plante faisant parti de la diète des bonobos, inhibe la falciformation *in vitro* des globules rouges SS en conditions d'hypoxie et peut ainsi servir de source des métabolites bioactifs pour la promotion d'une nutrithérapie anti-drépanocytaire en République Démocratique du Congo. La relation entre la pharmacopée des grands singes et la drépanocytose est une approche originale. Elle ouvre ainsi des nouvelles perspectives pour la prise en charge de cette hémoglobinopathie grâce aux effets modulateurs des métabolites secondaires d'origine végétale sur l'épi-génome.

MOTS-CLEFS: Zoo-pharmacognosie, bonobo, *Treculia africana*, Drépanocytose, RD Congo

1 INTRODUCTION

La médecine traditionnelle, aussi appelée médecine complémentaire, parallèle, alternative, populaire ou non conventionnelle, est très sollicitée de nos jours du fait qu'elle assure de façon suffisante le maintien et le recouvrement de la santé de nombreuses populations en milieux tant urbains que ruraux d'Afrique [1], [2], [3], [4], [5]. Son point faible cependant est la réticence des guérisseurs traditionnels à partager leurs secrets pour pouvoir permettre aux scientifiques de les rationaliser et les intégrer dans le système moderne de santé. A cet effet, la pharmacopée des grands singes ou zoo-pharmacognosie est une alternative très prometteuse du fait de la proximité phylogénétique de l'homme et des primates non humains tel que les Bonobos (*Pan paniscus*) [6], [7], [8].

Les bonobos (figure 1b) sont de grands singes endémiques de la forêt pluviale (cuvette centrale) de la République Démocratique du Congo. Ce sont des animaux qui présentent un comportement social très proche à celui de l'homme. A cet effet, tout comme l'homme, les bonobos auraient co-évolué avec certains de leurs parasites en régions tropicales connues comme un « hot spot » d'endémicité parasitaire et/ou virale [7].

Plusieurs études réalisées ces dernières années, basées sur l'observation des grands singes dans leur habitat naturel mettent en exergue l'existence d'un comportement d'automédication. En effet, ces animaux adoptent une alimentation particulière en sélectionnant des plantes spécifiques quand ils présentent certains symptômes [6], [8], [9], [10]. Les plantes que les grands singes utilisent pour se soigner ou celles faisant partie de leur diète présentent un intérêt scientifique tout particulier car elles sont susceptibles de fournir des molécules bioactives plus efficaces que celles actuellement disponibles [11], [12], [13], [14].

Les bonobos sont exclusivement concentrés au cœur de la forêt tropicale du bassin du Congo, dans une région d'environ 500.000 Km² limité au nord par le fleuve Congo et au sud par la rivière Kasai où ils y vivent dans des foyers très dispersés. Les objectifs du présent travail porte respectivement sur la mise en évidence d'un état physiopathologique chez les bonobos sauvages susceptible de justifier l'hypothèse d'automédication, l'inventaire des ressources phytogénétiques consommées plus ou moins régulièrement par ces primates non humains en vue d'identifier les plantes déjà connues par l'homme pour leurs propriétés pharmacologiques ou celles utilisées par les bonobos d'autres communautés sauvages (aspect bio-culturel de l'automédication) et l'évaluation d'activité anti-drépanocytaire de *Treculia africana* (plante consommée par les bonobos) comme source potentielle des molécules actives anti-drépanocytaires. En effet, il est bien établi que l'aire de distribution de la Drépanocytose se superpose avec celle du paludisme [11], [15]. Ainsi, en régions d'endémie, les grands singes et en particulier les Bonobos contrôlent les infections par *Plasmodium falciparum* alors que celles-ci provoquent une anémie hémolytique (à l'instar de la Drépanocytose) et sont cytopathogènes chez l'homme [16]. Le contrôle d'une maladie

hémolytique telle que le paludisme par les primates non-humains à régime alimentaire essentiellement végétarien indique que les plantes consommées par ces animaux seraient douées des propriétés anti-hémolytiques et pourraient être bénéfiques aux sujets drépanocytaires [8], [11], [12], [13], [14]. Cette approche présente un intérêt évident car les plantes faisant partie de l'alimentation de bonobos seraient potentiellement non toxiques pour l'homme et pourraient servir de nouvelles sources de composés anti-drépanocytaires. Le choix porté sur la plante *T. africana* ainsi que sur la drépanocytose est lié à la convergence d'utilisation de cette plante aussi bien par les primates humains que non humains. Tandis que la drépanocytose est le résultat bien connu d'une coévolution entre l'homme, le protozoaire *Plasmodium falciparum* et son vecteur en régions tropicales [7], [17].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ENQUÊTE

Les enquêtes ont été réalisées dans un foyer endémique notamment dans la province de l'Equateur en République du Congo. Le site choisit est Iyemba situé au Sud-Est de Ndele Research Site dans la Réserve de Faune de Lomako-Yokokala (figure 1).

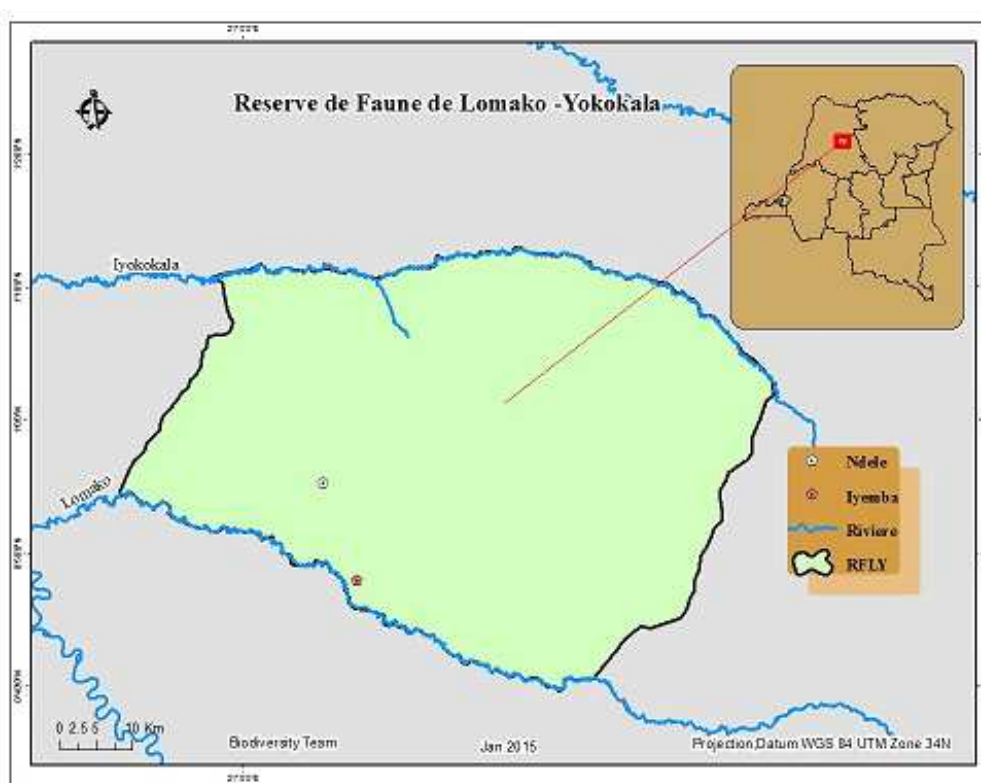


Fig. 1. Site d'étude : la Réserve de Faune de Lomako-Yokokala

La zone se situe entre 00°55'21.4" N et 021°06'03,8" E. Le site bénéficie d'un climat de type équatorial caractérisé par les pluies abondantes toute l'année avec deux saisons de pluie (mi-septembre et mars à avril) et deux saisons sèches (janvier à février et juin à août) [18]. La température moyenne minimale mensuelle varie entre 21.20 et 22.20 °C et la moyenne maximale mensuelle varie entre 26.8 et 30.85 °C. La précipitation moyenne annuelle est de 196 cm ; il n'y a pas une saison sèche proprement dite bien que les pluies sont relativement moins fréquentes entre décembre et février et entre juin et août [19]. D'après les critères de Köppen, ce climat est du type A_f (climat de la cuvette forestière). La zone d'étude fait partie intégrante de la cuvette centrale congolaise au niveau du bassin hydrologique de la Maringa. L'altitude moyenne au niveau le plus bas ne dépasse pas 400 m. La topographie du site n'est pas accidentée et montre son caractère presque plat. Le site est situé dans le groupement de Loma, Secteur de Lomako et Territoire de Befale et a une superficie de 5 km². La recherche s'est déroulée dans les forêts ombrophiles sempervirentes de terre ferme de la zone délimitée entre les rivières Lonkomo et Tolende.

2.2 SUIVI DES BONOBOS SUR TERRAIN, RECOLTE DES URINES ET DES PLANTES

Deux équipes composées de cinq personnes travaillaient en rotation de deux semaines chacune. Chaque équipe est divisée en deux groupes en vue de permettre le relai entre celui qui est entré en forêt le matin et le groupe de l'après-midi. Ce dernier reste avec les bonobos jusqu'au site de nids le soir. Lorsque le site de nids est identifié, le groupe du matin devra quitter tôt le matin, pour arriver au site de nids avant que les animaux ne se réveillent. Le suivi consiste à accompagner les bonobos depuis le site de nid le matin jusqu'au site de nid le soir entre 17 h 30'-18 h 00'. Les urines et les types de fruits ou aliments consommés sont systématiquement récoltés au courant de la journée.

2.3 BILAN URINAIRE CHEZ BONOBOS EN MILIEU NATUREL

L'analyse des urines récoltées a été effectuée à l'aide d'une bandelette réactive urinaire [20] en vue de mettre en évidence de troubles métaboliques, hépatiques et rénaux, ainsi que d'éventuelles infections chez les bonobos (confirmation de l'état pathologique). La bandelette présente des zones réactives permettant de rechercher dans l'urine la présence qualitative et/ou semi-quantitative de différents paramètres tels que les leucocytes, les nitrites, le pH, les protéines, le glucose, les corps cétoniques, l'urobilinogène, la bilirubine, les érythrocytes (ou le sang) et le poids spécifique (densité). L'approche utilisée est non invasive et est donc éthiquement acceptable.

2.4 IDENTIFICATION DES PLANTES CONSOMMEES PAR LES BONOBOS

L'ensemble des plantes a été identifié sur terrain par Mr Matthieu Bolaa (Ecologiste) et conservé à l'Herbarium du Jardin Botanique Eala, province de l'Equateur sous l'appellation: «collection Mathieu Bolaa et collaborateurs/2015». Les noms scientifiques des espèces et des familles sont inspirés de la Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0).

2.5 ETUDES PHYTOCHIMIQUES

Une fois séchée dans les conditions utilisées dans la pharmacopée traditionnelle (dix jours à 33 °C en atmosphère sèche), la partie de la plante est broyée, puis tamisée afin d'obtenir une poudre fine. Les essais sont réalisés après macération de la poudre (1 :10 p/v) dans l'eau pendant 24 heures (méthode d'extraction traditionnellement utilisée en Afrique) ou dans le méthanol acidifié comme précédemment décrit [12], [13], [14], [21], [22]. Le screening chimique a été réalisé sur les extraits aqueux et organiques selon les techniques standards [23].

2.6 ACTIVITE ANTI-DREPANOCYTAIRE

2.6.1 CRITÈRES D'INCLUSION

Pour être inclus dans cette étude, le sang devrait provenir des patients drépanocytaires homozygotes dont le statut hémoglobinique a été prouvé par électrophorèse d'hémoglobine (sur gel d'acétate de cellulose à pH alcalin) et n'ayant pas été transfusés dans les quatre mois qui précèdent la prise de sang, quel que soit l'âge et le sexe.

2.6.2 PRELEVEMENT ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS DU SANG

Le prélèvement d'un échantillon sanguin de 5 ml de sang total sur EDTA dans un rapport 1/5 (un volume d'EDTA pour quatre volumes de sang) est conservé à 4 °C pendant une durée ne dépassant pas 8 jours avant l'utilisation [11]. Les échantillons de sang drépanocytaire ont été obtenus au Centre de Médecine Mixte et Anémie SS situé dans le quartier Yolo-Sud dans la commune de Kalamu à Kinshasa.

2.6.3 ASPECTS ÉTHIQUES

L'étude a été soumise à l'approbation du Comité d'éthique du Département de Biologie de l'Université de Kinshasa (No. Réf. : CDB/FSC/MMJ/039/MM/2015). Les échantillons de sang malade ont été fournis par consentement libre et éclairé du Centre et l'étude n'a pas représenté un risque pour les sujets drépanocytaires.

2.6.4 TEST D'EMMEL

L'échantillon de sang a été mélangé avec les extraits des plantes à différentes concentrations en utilisant la solution physiologique (NaCl 0,9%) comme solvant de dissolution. Le témoin est constitué du sang drépanocytaire dilué sans extrait. L'effet des différents extraits est observé en microscopie optique après un délai d'exposition de 24 puis 48 heures en conditions d'hypoxie et isotonique afin d'évaluer la durée de persistance de l'effet antifalcémiant. Un appareil photographique numérique a été utilisé pour enregistrer les images microscopiques des érythrocytes obtenues. Ces micrographies ont ensuite été traitées par le logiciel informatique MOTIC images 2000, version 1.3 et les courbes de type dose-effet obtenues grâce au logiciel Origin 8.5 Pro comme précédemment décrit dans nos travaux antérieurs [12], [13], [14], [21], [22], [24], [25], [26], [27], [28].

3 RESULTATS

3.1 ECO-ETHOLOGIE DES BONOBO IN SITU

Au total, plus de 40 observations directes de bonobos pendant cinq mois. Le mois d'août a enregistré un taux élevé de nombre d'observation directe suivi de mois de septembre alors que le mois de juin a eu un faible taux de nombre d'observation. Cela serait dû en raison disponibilité quantitative et temporelle des fruits charnus et murs alors que le faible taux d'observation pour le mois de juin en raison de rareté des fruits murs; seul les familles de *Marantaceae* et *Zingiberaceae* constituent le principale substitut alimentaire disponible en période de faible fructification dans le site, obligeant les animaux d'aller chercher la nourriture très loin du site. La figure 2 donne la taille et la composition du groupe en fonction de la période d'observation.

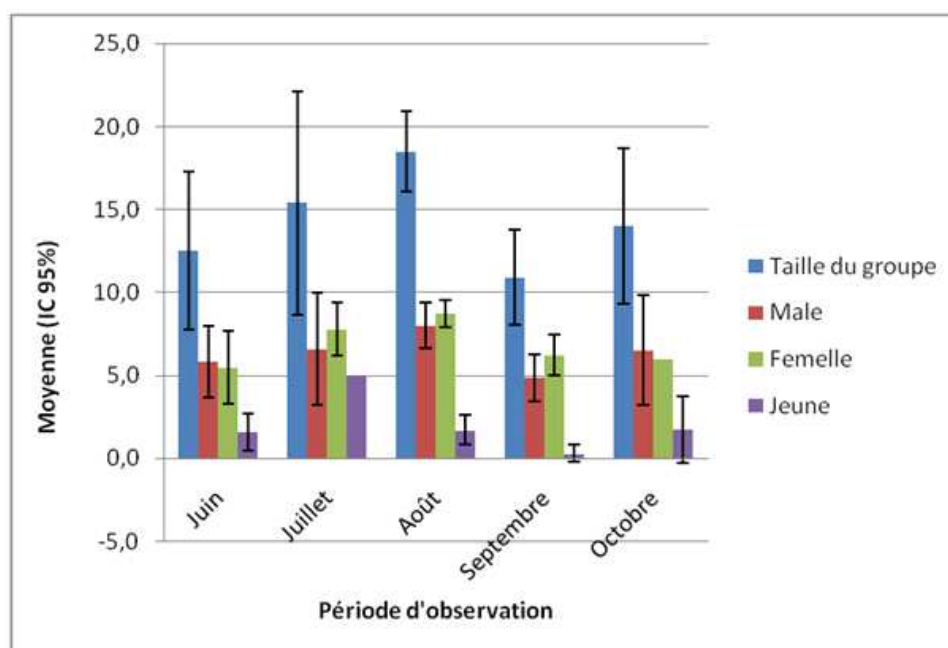


Fig. 2. Taille et composition du groupe par période d'observation

L'examen de la figure 2 montre que la taille et la composition du groupe sont élevées pour le mois d'août alors que le mois de septembre, elles sont faible. Les bonobos de ce site sont semi-habitués c'est-à-dire ils acceptent la présence humaine, la durée moyenne d'observation la plus long est de 4h18', le mois d'août a enregistré une fréquence d'observation et la durée moyenne plus élevé, Cela est du en raison de la forte représentation, disponibilité quantitative et temporelle des fruits charnus et murs et de la forte équitabilité des familles de ligneux à Iyemba, alors que le faible taux d'observation pour le mois de juin en raison de rareté des fruits murs ; seul les familles de *Marantaceae* et *Zingiberaceae* qui constituent le principal substitut alimentaire disponible en période de faible fructification dans le site obligeant les animaux à aller chercher la nourriture très loin du site.

Un total de 43 observations directes a été comptabilisé de juin à octobre 2011, la taille et la composition moyenne du groupe pour le mois d'août est évaluée à 19 individus dont 8 mâles, 9 femelles et 2 jeunes alors que le mois de septembre a enregistré une taille moyenne de 12 individus, 5 mâles, 6 femelles et 1 jeune. La distance moyenne minimale d'observation est de six mètres.

3.2 BILAN URINAIRE ET VALIDATION DE L'HYPOTHESE D'AUTOMEDICATION

Le tableau 1 donne les résultats des analyses physico-chimiques et hémato-biochimiques effectuées sur les urines des bonobos dans leur habitat naturel.

Tableau 1. Données physico-chimiques, biochimiques et hématologiques des urines de bonobos

<i>Pan paniscus</i>	Paramètres évalués									
	D.U.	pH	Leu.	Pro.	Glu.	Cét.	Bil.	Ery.	Hb	Couleur
1.	1.015	7	-	-	-	N	-	N	-	Rouge foncé
2.	1.005	8.5	++	N	N	N	N	+++	+++	Rouge clair
3.	1.005	8.5	-	-	-	N	++	-	-	Rouge foncé
4.	1.015	6	+++	-	-	-	+	-	+	Rouge clair
5.	1.005	8.5	++	N	-	N	N	N	+	Rouge clair
6.	1.015	7	++	N	N	-	++	-	-	Rouge foncé
7.	1.010	7.5	-	-	-	-	-	-	-	Rouge foncé
8.	1.015	7	++	-	-	-	++	-	-	Rouge clair
9.	1.000	9	+	+	N	-	N	N	+	Rouge vif
10.	1.000	9	+	N	N	-	N	N	+	Rouge clair

Légende : D.U. : densité urinaire ; Leu. : Leucocytes ; Pro. : Protéines ; Glu. : Glucose ; Cét. : Corps cétoniques ; Bil. : Bilirubine ; Ery. : Erythrocytes ; Hb : Hémoglobine N : normale ; NR

L'analyse de ce tableau 1 montre que les urines des bonobos sous l'étude sont rouges et dépourvus des nitrites et d'urobilinogène. Ceci montre que ces animaux ne souffriraient pas d'infections à entérobactéries, des germes à activité nitrate-réductases et des maladies de foie et des voies biliaires. Cependant, la présence de la bilirubine (formation d'un dérivé azoïque avec un sel de diazonium) dans les urines de quelques spécimens laissent entrevoir la possibilité de développer ces maladies par les bonobos [20].

Les valeurs de la densité urinaire n'ont pas révélé un dysfonctionnement rénal, cependant les valeurs de pH témoignent des cas des calculs rénaux possibles chez les bonobos. Cette hypothèse a été renforcée par la présence des protéines et du sang (érythrocytes et hémoglobine) dans l'urine. La présence de beaucoup de leucocytes dans l'urine témoigne le cas d'infections. Etant donné que nous sommes en régions d'endémie palustre, il pourrait s'agir d'infections plasmodiales. Ces résultats confirment l'évidence d'un état pathologique chez ces grands singes et nous pouvons alors les considérer comme modèle biologique pour valider notre hypothèse de recherche.

3.3 PHARMACOPÉE DES BONOBOS

Le tableau 2 donne le répertoire des plantes consommées par les bonobos dans leur habitat naturel.

Tableau 2. Liste des espèces végétales consommées par les bonobos (*Pan paniscus*) dans la réserve forestière de Lomako (Province de l'Equateur, République Démocratique du Congo).

N°. Nom scientifique	Famille	Nom vernaculaire (Lomongo)
1. <i>Aframomum laurentii</i> (De Wild. & T.Durand) K.Schum	Zingiberaceae	Bole
2. <i>Ancyclobotrys</i> sp	Apocynaceae	Beese
3. <i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	Bonenge
4. <i>Anthonothea fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillc.	Leguminosae	Lomuma
5. <i>Antiaris toxicaria</i> subsp. <i>welwitschii</i> (Engl.) C.C.Berg	Moraceae	Likoko
6. <i>Canarium schweinfurtii</i> Engl.	Burseraceae	Boele
7. <i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild.	Sapotaceae	Bolonge
8. <i>Dacryodes edulis</i> (G.Don) H.J.Lam	Burseraceae	Bosou
9. <i>Dacryodes osika</i> (Guillaumin) H.J.Lam	Burseraceae	Bohelenga
10. <i>Dialium excelsum</i> Steyaer	Leguminosae	Laaka
11. <i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Leguminosae	Elimilimi
12. <i>Dialium zenkeri</i> Harms	Leguminosae	Boleka
13. <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	-
14. <i>Eremospatha haullevilleana</i> De Wild.	Arecaceae	-
15. <i>Ficus ottoniifolia</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	Likumu
16. <i>Garcinia smeathmannii</i> (Planch. & Triana) Oliv.	Clusiaceae	Bokoli
17. <i>Hibiscus</i> sp	Malvaceae	Londende isongo
18. <i>Laccosperma secundiflorum</i> (P.Beauv.) Kuntze	Arecaceae	-
19. <i>Landolphia congolensis</i> (Stapf) Pichon	Apocynaceae	Bese
20. <i>Landolphia foretiana</i> (Pierre ex Jum.) Pichon	Apocynaceae	Boputsungulu
21. <i>Landolphia owariensis</i> P.Beauv.	Apocynaceae	Batofe
22. <i>Leonardoxa romii</i> (De Wild.) Aubrev.	Leguminosae	Bokumbo
23. <i>Manniophyton fulvum</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Lokosa
24. <i>Megaphrynium macrostachyum</i> (K.Schum.) Milne-Redh.	Marantaceae	-
25. <i>Musanga cecropioides</i> R.Br. ex Tedlie	Urticaceae	Bomambo
26. <i>Myrianthus arboreus</i> P.Beauv.	Urticaceae	-
27. <i>Oxyanthus unilocularis</i> Hiern	Rubiaceae	-
28. <i>Palisota ambigua</i> (P.Beauv.) C.B.Clark	Commelinaceae	-
29. <i>Palisota hirsuta</i> (Thunb.) K.Schum.	Commelinaceae	Litentele
30. <i>Pancovia laurentii</i> (De Wild.) Gilg ex De Wild.	Sapindaceae	Botende
31. <i>Scorodophloeus zenkeri</i> Arms	Leguminosae	Bopili
32. <i>Sterculia dawei</i> Sprague	Malvaceae	-
33. <i>Strombosiaopsis tetrandra</i> Engl.	Olacaceae	Eko
34. <i>Treculia africana</i> Decne. ex Trécul	Moraceae	Boingo
35. <i>Uapaca guineensis</i> Muell. –Arg.	Phyllanthaceae	Boonga

Il ressort de ce tableau que la pharmacopée des bonobos de Lomako est constituée de 35 espèces végétales (appartenant à 18 familles et 29 genres). Ces ressources biologiques sont également connues comme douées des propriétés pharmacologiques en médecine traditionnelle Africaine [29]. La convergence d'utilisation de ces plantes aussi bien par les primates humains et non-humains constitue une indication très intéressante de la pertinence des propriétés pharmacodynamiques de ces plantes et justifie le choix porté sur ces plantes pour un vaste programme de criblage anti-drépanocytaire en tant que sources potentielles des nutraceutiques par notre équipe de recherche [10], [11], [12], [13], [14], [8], [27]. Vingt cinq (25) de ces plantes (soit 71,43%) ont été également signalées dans la littérature comme consommées par les bonobos dans la réserve forestière de Wamba confirmant ainsi l'aspect bio-culturel de l'automédication chez ces grands singes en régions d'endémie [30].

Les figures 3 et 4 donnent les micrographies optiques du sang drépanocytaire non traité (témoin) et traité à l'extrait de *Treculia africana*.

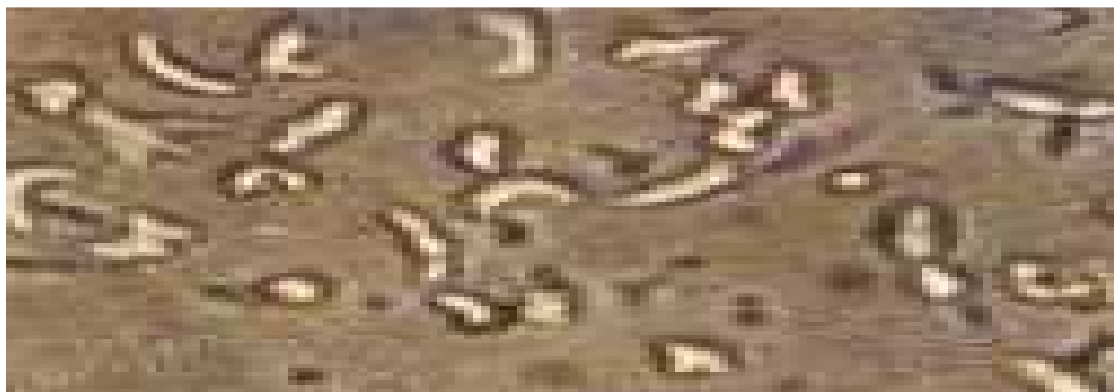


Fig. 3. Microphotographie optique des érythrocytes de sang SS non traité (témoin) [NaCl 0.9%, Na₂S₂O₅ 2%, Grossissement 500X]



Fig. 4. Microphotographie optique des érythrocytes de sang SS traité à l'extrait anthocyanique (méthanol acidifié) de *T. africana* (50 µg/ml) [NaCl 0.9%, Na₂S₂O₅ 2%, grossissement 500X]

La figure 3 montre réellement qu'il s'agit du sang SS. On y observe de nombreux érythrocytes falciformes. Dans nos conditions expérimentales, cette falcification a été induite par les actions combinées du métabisulfite de sodium à 2% et de la paraffine, toutes concourant à créer l'hypoxie [17]. Par contre, dans la figure 4, on constate que pour le même sang SS, lorsqu'on y ajoute l'extrait d'anthocyanes, les hématies reprennent la forme normale biconcave, alors qu'ils sont placés dans les mêmes conditions d'hypoxie que le témoin en présence du métabisulfite de sodium à 2%. L'inhibition de la falcification est une preuve de l'activité anti-drépanocytaire de *Treculia africana*. Ces résultats confirment nos travaux antérieurs [7], [11], [12], [13], [14], [21], [22], [24], [25], [26], [28] qui ont montré que les anthocyanes sont à la base de l'activité antifalcémiant d'un bon nombre des plantes utilisées en médecine traditionnelle congolaise contre la drépanocytose.

La figure 5 donne l'évolution du taux de normalisation des érythrocytes drépanocytaires.

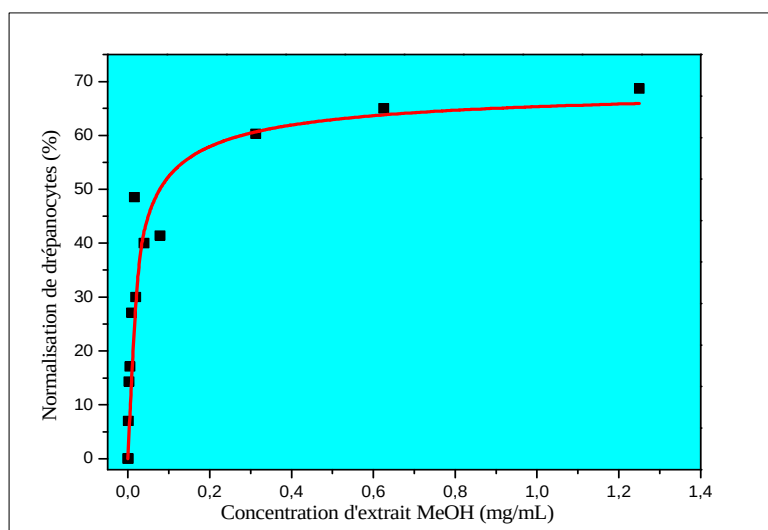


Fig. 5. Evolution du taux de normalisation des érythrocytes en fonction de la concentration d'extrait méthanolique (MeOH) de *Treculia africana*.

Il ressort de la figure 5 que le taux de normalisation des drépanocytes en conditions hypoxiques augmente avec la concentration en extrait de plante jusqu'à atteindre le seuil maximal au dessus duquel ce taux de normalisation reste constant quelle que soit l'augmentation de la concentration de la drogue. La plus faible concentration en extrait pour laquelle le taux de normalisation est maximal ou concentration minimale de normalisation (CNN), la concentration en extrait pour laquelle 50% des drépanocytes sont normalisés (ED_{50}) et le taux de normalisation (TN) évalués par régression non-linéaire grâce au logiciel Origin 8.5 sont respectivement 0.652 mg/mL, 2.0 μ g/mL et 70%. Le screening phytochimique a révélé la présence des métabolites secondaires tels que : les poly-phénols totaux, les flavonoïdes, les anthocyanes, les alcaloïdes et les trapézoïdes.

4 DISCUSSION

La recherche et le développement de phytomédicaments basés sur des évidences scientifiques est une priorité pour l'Afrique. Car en effet, en Afrique, tout comme dans d'autres régions pauvres du monde, la difficulté d'accéder aux soins de santé primaire; l'insuffisance et la mauvaise répartition de personnel médical de même que les comportements socioculturels font que plus de 80% de la population recourent à la médecine traditionnelle pour se prendre en charge [17]. Ainsi il est intéressant d'orienter la recherche vers les ressources phytogénétiques car elles garantissent en outre le libre accès au traitement [7]. La zoopharmacognosie est à cet effet une approche originale. En effet, les grands singes (*Pan paniscus*, etc.) utiliseraient les plantes pour s'auto-soigner et ainsi contrôler la parasitémie palustre (effet anti-hémolytique) [10], [11], [12], [13], [14]. Les primates qui consomment ces plantes pour le but apparemment non alimentaire, bénéficieraient de l'activité pharmacologique des principes actifs des substances sélectionnées principalement au cours de l'évolution en fonction de la protection chimique qu'elles confèrent aux organismes qui les synthétisent [31]. Les humains ont vécu ensemble avec ces grands singes pendant des milliers de générations suggérant une possible évolution concomitante de l'utilisation des plantes dans un ou plusieurs taxa des primates.

Ainsi, bien que le paludisme soit une maladie hémolytique, elle ne se manifeste pas cliniquement chez les bonobos. Ceci montre que les plantes consommées par ces grands singes seraient douées des propriétés anti-drépanocytaires car la drépanocytose est également une maladie hémolytique [11]. L'hémolyse des érythrocytes drépanocytaires est due à la falciformation de ces derniers qui les prédispose à une destruction précoce par les cellules spléniques [32].

Les résultats de la présente étude ont montré que *Treculia africana* inhibe la falciformation *in vitro* des globules rouges SS en conditions d'hypoxie et peut constituer un bon candidat pour la nutrithérapie anti-drépanocytaire. En effet, la drépanocytose est une maladie chronique. La meilleure prise en charge de cette maladie serait d'intégrer le médicament du drépanocytaire dans son alimentation quotidienne au lieu de chercher à isoler des molécules ou à les synthétiser. D'où l'intérêt des alicaments (nutrithérapie) pour cette pathologie qui accompagne le malade toute la vie [33]. Il faut aussi noter

que certaines plantes faisant partie de la pharmacopée des grands singes sont aussi prescrites en phytothérapie humaine (convergence d'utilisation). C'est le cas notamment de *Treculia africana* rapporté dans la littérature comme doué des propriétés antipaludiques [34].

La démarche suivie dans cette étude en vue de faire une corrélation entre la pharmacopée des grands singes (zoopharmacognosie) et la drépanocytose est originale. A cet effet, c'est pour la première fois que *Treculia africana* est signalé dans la littérature comme doué des propriétés anti-drépanocytaires et ouvre ainsi des nouvelles perspectives pour la prise en charge de la drépanocytose grâce aux effets modulateurs des métabolites secondaires d'origine végétale sur l'épigénome [35].

5 CONCLUSION

Le but de la présente étude a été de confirmer l'évidence d'un état pathologique chez les grands singes (les bonobos en particulier) en vue de les considérer comme modèle biologique pour tester et/ou valider l'hypothèse d'automédication et d'effets anti-hémolytiques possibles des plantes qu'ils consomment. Nos résultats ont confirmé l'existence d'un état pathologique chez ces PNH justifiant ainsi la nécessité d'une enquête zoopharmacognosique. Les résultats de cette enquête a permis d'identifier 35 taxons végétaux consommés plus ou moins régulièrement par ces animaux. Le test biologique a montré que l'une des plantes, *Treculia africana*, inhibe la falciformation *in vitro* des globules rouges SS en conditions d'hypoxie et peut ainsi servir de source des métabolites bioactifs pour la promotion d'une nutrithérapie anti-drépanocytaire en République Démocratique du Congo. Cependant, il est donc souhaitable que la cytotoxicité et l'hépatotoxicité des extraits de cette plante soient réalisées en vue de garantir leur innocuité et s'assurer s'ils seront bien tolérés par l'organisme.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les responsables de la "Réserve forestière de Lomako" ainsi que ceux de la fondation AWF (African Wildlife Foundation) pour leur assistance. Ils remercient aussi l'Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur (ARES) du Royaume de Belgique pour la bourse de recherche (PAH-2015 ARES/UNIKIN) accordée à Mr Jean-Paul Ngbolua Koto –te-Nyiwa.

REFERENCES

- [1] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [2] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea subsp. vialis* endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [3] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindikila, P.T. Mpiana, C.A. Masengo, R. Baholy, P.R. Fatiany, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo. *In vitro* Assessment of Antibacterial and Antioxidant activities of a Congolese medicinal plant species *Anthocleista schweinfurthii* Gilg (Gentianaceae). *J. of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V1I3, 20014a. DOI: 10.15297/JMDDR.V1I3.03.
- [4] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindikila, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, K.W. Nzongola, R. Baholy, P.R. Fatiany. Phytochemical screening, Antibacterial and Antioxidant activities of *Anthocleista liebrechtsiana* Wild & T. Durand (Gentianaceae) originated from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I3, 2014b. DOI: 10.15297/JALS.V1I3.04.
- [5] WHO. Médecine traditionnelle. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/fr/> (accès: décembre 2011).
- [6] S. Krief. La pharmacopée des chimpanzés. *Pour La Science*, no. 325, pp.76–80, 2004.
- [7] K.N. Ngbolua. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République Démocratique du Congo et de Madagascar, Thèse de Doctorat: Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo : 2012. DOI: 10.13140/RG.2.1.3513.3606.
- [8] K.N. Ngbolua, B.M. Bolaa, P.T. Mpiana, E.G. Ekutsu, A.C. Masengo, D.S.T. Tshibangu, V. Mudogo, D.D. Tshilanda, K.R. Kowozogono. Great Apes Plant Foods As Valuable Alternative Of Traditional Medicine In Congo Basin: The Case Of Non-Human Primate Bonobos (*Pan paniscus*) Diet at Lomako Fauna Reserve, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I1, 2015a. DOI: 10.15297/JABZ.V3I1.01.

- [9] A. Fowler, Y. Koutsioni, V. Sommer. Leaf-swallowing in Nigerian chimpanzees: evidence for assumed self-medication. *Primates*, no. 48, pp.73–6, 2007.
- [10] U. Maloueki, K.P. Kunyima, I.D. Mbomba, N.A. Dani, K.A. Lukuka, N.J. Lami, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, K.S.P. Ndimbo, N.B. Mbomba, M. Musuyu. Activités antioxydante et antiplasmodiale d'extraits de *Massularia acuminata* (Rubiaceae). *Phytothérapie*, DOI 10.1007/s10298-015-0937-z, 2015.
- [11] J.K. Kambale, K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, R. Wumba, L.G. Mvumbi, L.R. Kalala, K.G. Mesia, E. Ekutsu. Evaluation *in vitro* de l'activité antifalcémiant et effet antioxydatif des extraits d'*Uapaca heudelotii* Baill. (Euphorbiaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 7, no. 2, pp. 523-534.
- [12] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, D.D. Tshilanda, R. Baholy. *In vitro* antisickling and free radical scavenging activities of *Pentaclethra macrophylla* Benth. (Fabaceae). *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I2, 2014c. DOI: 10.15297/JALS.V1I2.03.
- [13] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo, N.O. Kabena. Ethno-pharmacological survey, *in vitro* antisickling and free radical scavenging activities of *Carapa procera* DC. stem bark (Meliaceae). *Nova Journal of Medical and Biological Sciences*, Vol. 2, no. 2, pp. 01-14, 2014d.
- [14] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, Z.B. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, *in vitro* antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014e. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04.
- [15] J. Pagnier, H. Wajcman, V. Baudin, D. Labie. Genetic polymorphism of drepanocytosis. *Annals of Genetics* no. 28, pp. 5-12, 1985.
- [16] S. Krief, A.A. Escalante, M.A. Pacheca, L. Mugisha, C. André. On the diversity of malaria parasites in African apes and the origin of *P. falciparum* from bonobos. *PLoS Pathog.*, Vol. 6, no. 2, pp. e 1000765, 2010.
- [17] K.N. Ngbolua, V. Mudogo, P.T. Mpiana, M.J. Malekani, H. Rafatro, R.S. Urverg, L. Takoy, H. Rakotoarimana, D.S.T. Tshibangu. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République démocratique du Congo et de Madagascar. *Ethnopharmacologia*, no. 50, pp. 19-24, 2013.
- [18] N. Thompson-Handler, R.K. Malenky, G. Reinartz. Action Plan for *Pan paniscus*: report on free ranging populations and proposals for their preservation, Zoological Society of Milwaukee County Publisher, Milwaukee, 1995.
- [19] F.J. White. Seasonality and socio-ecology: the importance of variation in fruit abundance to bonobo sociality. *International Journal of Primatology*, Vol. 19, no. 6, pp. 1013-1027, 1998.
- [20] T. Borghini, M. Schenker, D. Kessler. Fiche technique: Bandelettes réactives urinaires. Suisse proficiency testing SPTS 004, Centre Suisse de contrôle de qualité (CSCQ). http://www.cscq.ch/SiteCSCQ/FichierPDF_FR/urinesFT.pdf (consulté le 14 juin 2015).
- [21] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, P.M. Yuma, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, C.L. Muanyishay, B.Z. Gbolo, N.M. Misengabu, J.S. Kayembe. Antisickling activity and physico-chemical stability of anthocyanin extracts from *Ipomoea batatas* leaves. *Journal of Life Medicine*, Vol. 2, no. 1, pp. 25-31, 2014a.
- [22] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, D.T. Mwanangombo. Antisickling activity and membrane stabilization effect of anthocyanins extracts from *Adansonia digitata* L. bark on sickle blood cells. *International Blood Research and Reviews* Vol. 2, no. 5, pp. 198-212, 2014b.
- [23] J. Bruneton. Pharmacognosie, Phytochimie des Plantes Médicinales. 3rd Edition, Revue et Augmentée, Tec & Doc, Paris, 1999.
- [24] P.T. Mpiana, B.L. Kimbadi, A.M. Ombeni, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu, C.L. Muanyishay, S.K. Muyisa. *In vitro* inhibitory effects and anti-sickle erythrocytes haemolysis of *Dicliptera colorata* C.B. Clarke, *Euphorbia hirta* L. and *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Open Journal of Blood Diseases*, no. 3, pp. 43-48, 2013. DOI: 10.4236/ojbd.2013.31009.
- [25] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, P.P. Mazasa, B.Z. Gbolo, E.K. Atibu, J.N. Kadima, F.M. Kasali. *In vitro* anti-sickling and radical scavenging activities of a poly-herbal formula (Drepanoalpha®) in Sick cell erythrocyte and acute toxicity study in Wistar albino rats. *European Journal of Medicinal Plants*, Vol. 4, no. 10, pp. 1251-1267, 2014f.
- [26] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, N.K. Ngombe, D.S.T. Tshibangu, E. Ekutsu, O.N. Kabena, B.Z. Gbolo, L. Muanyishay. Ethno-pharmacological survey and Floristical study of some Medicinal Plants traditionally used to treat infectious and parasitic pathologies in the Democratic Republic of Congo. *International Journal of Medicinal Plants* no. 106, pp. 454-467, 2014g.
- [27] K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, S.O. Mihigo, B.K. Mavakala, C.A. Masengo, L.C. Muanyishay. Anti-sickling and antibacterial activities of Some Extracts from *Gardenia ternifolia* subsp. *jovis-tonantis* (Welw.) Verdc. (Rubiaceae) and *Uapaca heudelotii* Baill. (Phyllanthaceae). *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, Vol. 2, no. 1, pp. 10-19, 2015b.

- [28] D.D. Tshilanda, N.V. Onyamboko, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, M.B. Mbala, K.M. Bokolo, K.M. Taba, K.T. Kasonga. Antisickling activity of butyl stearate isolated from *Ocimum basilicum* (Lamiaceae). Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, Vol. 4, no. 5, pp. 393-398, 2014.
- [29] H.D. Neuwinger. African Traditional Medicine. Mepharm Scientific Publisher, Stuttgart. 2000.
- [30] G. Idani, S. Kuroda, T. Kano, R. Asato. Flora and vegetation of Wamba forest, Central Zaire with reference to Bonobo (*Pan paniscus*) foods. Tropics, Vol. 3, no. ¾, pp. 309-332, 1994.
- [31] S. Krief, C.M. Hladik, C. Haxaire. Ethnomedicinal and bioactive properties of plants ingested by wild chimpanzees in Uganda. Journal of Ethnopharmacology, no. 101, pp. 1-15, 2005.
- [32] R. Girot, P. Begué, F. Galacteros. La drépanocytose. Editions John LIBBEY Eurotext, Paris: France, 2003.
- [33] P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu. Les aliments médicaments ou alicaments et la drépanocytose. Colloque Panafricain-Paneuropéen en « Chimie et Ressources Naturelles », Du 13 au 16 Avril 2015, Cotonou, République du Bénin.
- [34] J.L. Betti, O.L. Yongo, D.O. Mbomio, D.M. Iponga, A. Ngoye. An ethno-botanical and floristical study of medicinal plants among the Baka Pygmies in the periphery of the Ipassa-Biosphere reserve, Gabon. European Journal of Medicinal Plants, Vol. 3, no. 2, pp. 174-205, 2013.
- [35] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana. The Possible Role of a Congolese polyherbal formula (Drepanoalpha®) as source of Epigenetic Modulators in Sick Cell Disease: A Hypothesis. J. of Advancement in Medical and Life Sciences. V2I1, 2014h. DOI: 10.15297/JALS.V2I1.02.

Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo

[Biodiversity of the rodents and Soricomorpha of mixed culture fields of Kisangani area, Democratic Republic of the Congo]

Franck M. Masudi¹, A. Dudu², G. Katuala², Justin A. Asimonyio¹, B.G. Badjedjea¹, Museu P. Konga³, Ben Z. Gbolo⁴, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua⁴

¹Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, RD Congo

²Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo

³Centre de Recherche Géologique et Minière (CRGM), Kinshasa, RD Congo

⁴Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 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: The present study carried out in Kisangani area on the biodiversity of Rodents and Soricomorpha mixed culture fields in some villages of the surroundings of Kisangani. The main goal was to evaluate the specific richness of rodents and Soricomorpha in these habitats. In 8.955 nights traps, by using the technique of trapping out of grid using the Traps Victor Rat Traps, Special Museum, Sherman and traditional trap, we collected 301 specimens of small Mammals belonging to two orders: Rodents (288 specimens: 95.6%) and Soricomorpha (13 specimens: 4.31%). These animals are subdivided in 12 species. *Nannomys cf grata* was the most abundant with 168 trapped animals (55.81%). *Nannomys cf grata*, *Lemniscomys striatus* (Linnaeus, 1758) and *Lophuromys dudui* (Verheyen, Hulselmans & Dierckx, 2002), *Praomys minor* (Hatt, 1934) and *Praomys cf jacksoni* are field species who are harmful for crops. The diversity index of Simpson "D", Shannon Wiener "H" and the equitability "E" were respectively 0.6625, 0.2358 and 0.6577. The calculated values of these indices show a low diversity with a bad distribution of trapped animals between different species in the studied crop cultivation fields. All identified species are common in the Kisangani area. It is therefore necessary to set up a control policy in order to fight against these culture destructors in Democratic Republic of the Congo.

KEYWORDS: Small mammals, Destructors, Culture, Specific richness, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: La présente étude réalisée dans la région de Kisangani a porté sur la biodiversité des Rongeurs et Soricomorpha de champs de cultures mixtes de quelques villages des environs de Kisangani. L'objectif principal était de déterminer la richesse spécifique des Rongeurs et Soricomorpha dans ces habitats. En 8.955 nuits pièges, en utilisant la technique de piégeage en grille à l'aide des Pièges Victor Rat Traps, Museum Special, Sherman et piège traditionnel, nous avons collectionné 301 spécimens de petits Mammifères appartenant à deux Ordres : Rongeurs (288 individus : 95,6%) et Soricomorphes (13 individus : 4,31%). Tous animaux sont répartis en 12 espèces. L'espèce la plus abondante dans les champs est *Nannomys cf grata* (168 spécimens sur 301 : 55,81%). *Nannomys cf grata*, *Lemniscomys striatus* (Linnaeus, 1758), *Lophuromys dudui* (Verheyen, Hulselmans & Dierckx, 2002), *Praomys minor* (Hatt, 1934) et *Praomys cf jacksoni* sont les espèces champêtres ravageuses des cultures. Les indices de diversité de Simpson « D » de Shannon Wiener « H_a » et l'Équitabilité « E » sont respectivement 0,6625 ; 0,2358 et 0,6577. Les valeurs calculées de ces indices montrent une faible diversité avec une mauvaise répartition des individus capturés entre les différentes espèces dans les champs étudiés. Toutes les espèces

recensées sont communes de la région de Kisangani. D'où nécessité de la mise place d'une politique de lutte contre ces ravageurs de culture en République Démocratique du Congo.

MOTS-CLEFS: Petits mammifères, Ravageurs, Culture, Richesse spécifique, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo abrite la majorité de forêts tropicales de l'Afrique Centrale. Ceci correspond à un peu plus d'un million de km² qui hébergent de nombreuses espèces végétales et animales, avec un taux d'endémisme très élevé. Aussi, Il est le second bloc forestier tropical au monde après celui de l'Amazonie [1], [2], [3], [4], [5]. Cette forêt est riche en réseau hydrographique. Dans la région de Kisangani, nous rencontrons les rivières principales suivantes : Lindi, Tshopo, Maiko, Lomami, Aruwimi, etc. Ces cours d'eaux séparent les forêts en blocs forestiers. Les forêts de la RD Congo en général subissent de dégradations qui sont dues à l'agriculture sur brûlis (un système caractérisé par l'alternance des cycles culturaux très courts (1 à 2 mois) et des longues périodes des jachères naturelles (plus de 10 ans) pendant lesquels se fait la restauration de la fertilité du sol [6], à l'exploitation de bois d'œuvre, à l'exploitation artisanale des matières précieuses (diamant, or, coltan, etc.) [7]. Ceci traduit la perte en biodiversité au cours de ces dernières décennies [8]. Une des questions que l'on se pose est celle de savoir : Quelle est la composition spécifique des Rongeurs dans les champs de cultures mixtes de Kisangani et ses environs ? C'est pourquoi nous avons effectué cette investigation afin d'apporter notre contribution en réponse à cette question. Notons que le rôle des Soricomorpha dans l'attaque des cultures est moins connu bien qu'ils soient capturés dans les champs.

A Kisangani, la pratique de l'agriculture traditionnelle est courante. Les cultures associées prennent le dessus sur tous les systèmes de cultures [9]. Après la récolte, le terrain est en jachère pendant 1 ou 2 ans, voire plus. L'évolution démographique de la population entraîne également une pression sur l'environnement et modifie les paysages naturels. Ceci nécessite le développement de techniques et modèles adéquats pour évaluer les interactions et les ressources naturelles [10]. L'agriculture est une activité économique. Elle assure l'essentiel de la production agricole dont dépend l'alimentation humaine. Dans la région de Kisangani et ses environs, la population cultive les champs essentiellement pour subvenir à ses besoins quotidiens. Dans la plupart de cas, elle pratique les cultures mixtes, c'est-à-dire dans un même champ, on rencontre plusieurs cultures comme : le manioc, le maïs, le paddy, le bananier, les amarantes, les tomates, les aubergines, etc. Mais, la population de Kisangani cultive principalement les tubercules, les céréales et les légumineuses.

Parmi les nombreux ravageurs des cultures, les petits mammifères occupent une place importante et spécifique. Ils sont capables, malgré leur faible mobilité, d'atteindre toutes les sources de nourriture [11].

En Afrique subsaharienne, 381 espèces des Rongeurs ont été identifiées, 77 sont impliquées dans les ravages des cultures dont 10 à 20 espèces sont nuisibles [12]. Les principaux Rongeurs des cultures sont : Les Sciuridés (les écureuils) les Gliridés (loirs), les Gerbillidés (gerbilles) et les Muridés (rat et souris). Dans ce groupe des Rongeurs, nous nous intéresserons aux Muridés. Les Rongeurs occupent tous les types de milieux présents terrestres. La plupart d'espèces sont principalement végétariens mais ce régime peut être souvent complété par l'ingestion de quelques insectes et larves. Les Rongeurs sont des animaux polyoestriens qui se reproduisent selon un rythme saisonnier, c'est-à-dire que les femelles sont capables de présenter plusieurs oestrus à la suite les uns des autres pendant une période de temps plus ou moins longue mais limitée. La présente étude avait pour hypothèse suivante : la composition spécifique des Rongeurs et Soricomorpha serait différente dans les champs sélectionnés car ils se situent sur les deux rives du fleuve Congo, qui est une barrière écologique pour les Muridae.

Les objectifs principaux de cette étude sont :

- Déterminer la richesse spécifique en Rongeurs et Soricomorpha de Kisangani et ses environs dans les champs à cultures mixtes exclusivement. Ceci, sur les deux rives du fleuve Congo,
- Comparer les résultats actuels à ceux des travaux antérieurs de même nature,
- Ressortir les espèces abondantes dans les champs exploités,
- Comparer l'efficacité des pièges utilisés dans les divers champs en vue de la récolte de données, à savoir le Museum Special, Victor rat Traps, Sherman et piège traditionnel.

L'intérêt de cette étude est évident car elle contribue à la connaissance des Rongeurs des cultures dans les champs à cultures mixtes. Sur le plan socio-économique, cette ressource alimentaire représente parfois près de 40% du gibier

mammalien sur le marché central de Kisangani [13]. Cependant, sur le plan agricole, le rendement des cultures exige dans bien de cas, une étroite surveillance des Rongeurs qui sont les prédateurs aux différents stades du cycle végétatif [14].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le présent travail a été effectué dans différents champs de cultures mixtes des environs de Kisangani situés sur les deux rives du fleuve Congo, notamment à BAMBAE au PK 31 route Buta, LITHOYI à 32 Km de la ville de Kisangani sur l'axe routier principal Kisangani-Buta (24 km) et l'axe secondaire AMEX-BOIS (6 km). Ces deux sites sont sur la rive droite du fleuve Congo et de la rivière Tshopo enfin, YOKO se trouve sur la rive gauche du fleuve Congo à 32 km de la ville de Kisangani.

2.2 DESCRIPTION DE SITES DE CAPTURES

Les différentes sorties d'investigation effectuées dans la partie sud de la réserve forestière de la YOKO (RFY) nous ont permis de prendre la décision de travailler dans le dispositif permanent mis en place par la Compagnie Forestière et de Transformation (CFT) il y a six ans. Trois raisons majeures ont facilité cette prise de position : (i) le coût que prendrait l'installation d'un nouveau dispositif, (ii) l'emplacement de ce dispositif dans un peuplement forestier complexe (c'est-à-dire mélangé et irrégulier), et (iii) la taille de ce dispositif (9 ha) estimée idéale pour caractériser la structure de peuplements s'y trouvant à l'échelle locale.

2.2.1 VILLAGE BAMBAE

Ce village appartient à l'entité politico-administrative de la collectivité de Bamanga, territoire de Banalia, District de la Tshopo dans la Province Orientale. Ses coordonnées géographiques sont : N 00° 46' et EO 25°13', altitude : 424 m (GPS 76 Garmin). Dans ce village, nous avons récoltés les spécimens dans cinq champs :

- **Site 1** (BAM-1: N 00° 45'; E 025° 12'; Altitude: 432 m)

Ce champ couvre une surface d'environ 10.000 m². Ses cultures sont essentiellement composées des espèces végétales suivantes : *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), *Oryza sativa* L. (Poaceae), *Amaranthus viridis* L. (Amaranthaceae), *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. (Portulacaceae), *Cannabis sativa* L. Var. Indica Lam. (Cannabaceae) et *Zea mays* L. (Poaceae). Dans ce champ, nous avons effectué cinq sessions de capture.

- **Site 2** (BAM-2: N 00° 46'; E 025° 12'; Altitude: 419 m)

Il couvre une superficie de 8.000 m². Les plantes cultivées sont : *M. esculenta*, *A. viridis*, *Ananas comosus* (Bromeliaceae), *Basella alba* L. (Basellaceae). Les plantes non cultivées sont : *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Araceae) et *Talinum triangulare*. Nous avons récolté les spécimens en une seule session dans ce biotope.

- **Site 3** (BAM-3: N00° 46'; EO 25° 12'; Altitude: 427 m)

Ce champ mesure 9000 m². Il est composé des espèces végétales culturales ci-après : *O. sativa*, *M. esculenta*, *Musa sp* (Musaceae), *A. viridis*, *C. sativa*, *Saccharum officinarum* L. (Poaceae), *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (Convolvulaceae). Deux sessions y ont été réalisées.

- **Site 4** (BAM-4: N 00° 45'; EO 25° 13'; Altitude: 420 m)

C'est un champ de 6.000 m² de surface. Les plantes cultivées sont : *Musa sp*, *Nicotina tabacum* L. (Solanaceae), *C. sativa*, *B. alba*, *A. viridis*, *M. esculenta*, *Zea mays*. Nous y avons effectué une session.

- **Site 5** (BAM-5: N 00° 46'; EO 25° 13'; Altitude: 427 m)

Ce champ a une superficie de 7.200 m². Les cultures suivantes y sont rencontrées : *M. sp*, *Nicotiana tabacum*, *Cannabis sativa*, *Basella alba*, *A. viridis*, *M. esculenta*, *Zea mays*, *A. comosus*, *Lycopersicum esculentum* Mill. (Solanaceae), *Ipomoea batatas*. Nous y avons effectué une session.

2.2.2 VILLAGE LITOYI

Ce village se trouve à 32 km de la ville de Kisangani sur la rive droite du fleuve Congo. Ses coordonnées géographiques sont : N 00° 43' ; E 25° 15' et 411 m d'altitude (GPS GARMIN 101). Dans ce champ, nous avons effectué les captures en deux sessions.

- **Site 1** (LIT-1 : N 00° 42'; E 25° 15'; Altitude : 422 m)

Il couvre une superficie d'environ 7.200 m². Les cultures rencontrées sont : *M. sp*, *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae), *Z. mays*, *A. viridis*, *I. batatas*, *M. esculenta*, *Colocasia esculenta* (L.) Schoot (Araceae), *Lycopersicum esculentum*, *A. comosus*, *Arachis Hypogaea*, *C. sativa*, *T. triangulare* (Jacq.) Willd. (Portulacaceae) la dernière est non cultivé.

2.2.3 VILLAGE YOKO

Ce village se situe à 32 km de la ville de Kisangani sur la rive gauche du fleuve Congo. Ses coordonnées géographiques sont : N° 00° 14' – 00° 20' ; E 25° 14' – 25° 20' avec 400 m d'altitude. Six champs ont été sélectionnés au sein de ce village. Trois sessions y ont été effectuées.

- **Site 1** (YOK-1 : N 00° 17' ; E 25° 16'; Altitude: 451 m)

Il couvre 5.400 m² de superficie. Ses cultures sont composées de : *M. sp*, *I. batatas*, *O. sativa*, *Cucurbita sp* (Cucurbitaceae), *A. viridis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Z. mays*, *M. esculenta*, (*T. triangulare* = non cultivée)

- **Site 2** (YOK-2: N 00° 17'; E 25° 17'; Altitude: 434 m)

Ce champ occupe une étendue de 10.000 m². Les cultures cultivées sont : *M. sp*, *L. esculentum*, *B. alba*, *Cucurbita sp*, *A. viridis*, *Z. mays*, *O. sativa*, *M. esculenta*.

- **Site 3** (YOK-3: N 00° 16'; E 25° 16'; Altitude: 412 m)

C'est un champ de 10.000 m². On y rencontre les plantes suivantes : *M. sp*, *L. esculentum*, *B. alba*, *Cucurbita sp*, *A. viridis*, *Z. mays*, *O. sativa*, *M. esculenta*.

- **Site 4** (YOK-4: N 00° 16'; E 25° 16'; Altitude: 399 m)

Ce champ a 9.000 m² de surface. Les cultures sont : *L. esculentum*, *Cucurbita sp*, *A. viridis*, *Z. mays*, *M. esculenta*.

- **Site 5** (YOK-5: N 00° 16'; E 25° 16'; Altitude: 406 m)

C'est le plus grand champ exploité durant les investigations. Il a 20.000 m² de surface. Ces cultures sont composées par les plantes suivantes : *M. sp*, *I. batatas*, *M. esculent*, *C. sp*, *O. sativa*, *Z. mas*, *C. frutescens*, *B. alba* et *L. esculente*.

- **Site 6** (YOK-6: N 00° 17'; E 25° 16'; Altitude: 421 m)

Ce champ occupe 10.000 m² de surface. Ses cultures sont les suivantes : *M. sp*, *S. officinarum*, *I. batatas*, *C. frutescens*, *M. esculenta*, *C. sp*, *A. viridis*.

La figure 1 donne la localisation géographique des sites de collecte des animaux.

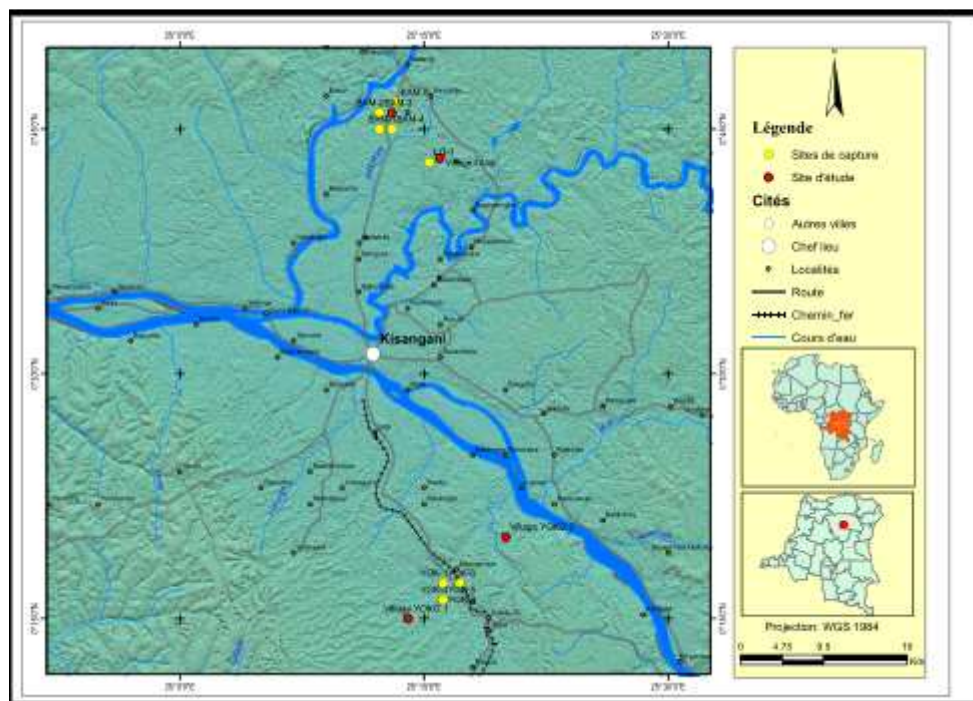


Figure 1. Localisation géographique des sites de collecte des animaux

2.3 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Les biotopes exploités pour la récolte des données de ce travail sont distants d'une trentaine de kilomètres de la ville de Kisangani. Étant à proximité de l'équateur, elle bénéficie d'un climat équatorial du type Afi de la classification de KÖPPEN [15]. La zone Afi signifie : A = Climat chaud et humide toute l'année ; F = Absence de la saison sèche véritable ; i = Amplitude thermique annuelle inférieure à 5 °C [14].

2.4 VÉGÉTATION AUTOUR DES CHAMPS

Tous les champs que nous avons exploité sont entourés de jachères vieilles à dominance d'espèces végétales suivantes : *Musanga cecropioides* R. Br. (Moraceae), *Macaranga spinosa* Mull. Arg. (Euphorbiaceae), *Costus afer* (Zingiberaceae), *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae).

2.5 MATERIEL BIOLOGIQUE, METHODOLOGIE ET PERIODE DE CAPTURE

Le matériel biologique de cette recherche est composé de 301 spécimens des Rongeurs et des Soricomorphes. Ils ont été récoltés dans les divers champs de cultures mixtes de la région de Kisangani. Nous avons appliqué la technique de piégeage en grille [16]. La période de capture s'étendait d'avril en octobre 2008. Les campagnes de piégeage ont été réalisées dans 12 différents champs. Ils étaient choisis après une prospection sur terrain. Certains paramètres étaient examinés au préalable notamment: la taille de champ (supérieure ou égale à 50 m x 50 m ou 2.500 m² de surface). Seuls les champs en polycultures étaient sélectionnés. Pour ce faire, nous avons utilisé un mètre ruban de 50 m de long pour mesurer les différentes dimensions des champs sélectionnés. Les plantes cultivées ont été identifiées à l'herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Pour les noms des espèces et leurs auteurs, nous avons consulté le catalogue des plantes vasculaire [17].

Dans chaque champ, nous avons utilisé la technique de piégeage en grille qui consistait à placer les pièges à chaque intersection des lignes de piégeage. Il y avait 10 x10 lignes dans le rectangle ou le carré suivant la forme du champ sous étude. Les pièges étaient distants l'un de l'autre à environ 8 m. s'il nous arrivait d'utiliser deux champs sur un même axe, ces derniers devraient être séparé d'environ 500 m. Quatre types de pièges, à savoir : Victor, Museum, Sherman et les pièges traditionnels ont servi pour la capture des animaux. Les pièges étaient placés au sol ou rarement sur les troncs d'arbres secs ou encore à côté d'un piquet indiqué par un numéro et le code du champ. La pulpe de noix de palme mûre : *Elaies guinensis*

Jacq. (Arecaceae) a servi d'appât pour les quatre types de pièges. Les pièges restaient en place pendant 5 ou 6 nuits consécutives. Les relevés étaient faits le matin à partir de 7 heures. Nous remplaçons les appâts chaque jour, car ils se trouvaient exposés sous le soleil dans les champs et à la merci des insectes. Nous avons prélevé les coordonnées géographiques à l'aide d'un GPS aux quatre ou six coins de chaque champ selon sa forme. En rapport avec le dénombrement des cultures dans les champs, nous choisissons trois carrés (deux aux extrêmes et un au centre) dans le champ. Ils étaient espacés de 20 à 30 m chacun. Les mesures ont été effectuées par un ruban gradué de 50 m.

2.6 IDENTIFICATION, PESEE ET MENSURATION DES ANIMAUX

Tous les spécimens capturés aux champs étaient identifiés sur terrain suivant les critères classiques de la morphologie externe [18]. L'examen des crânes a été possible à l'aide d'un microscope optique de marque WILD HEERBRUGG. Les animaux étaient pesés frais grâce aux pesons de marque PESOLA® de 30 gr, 100 gr et 300 gr selon le cas. Les mesures biométriques : LP (longueur pied), LO (longueur oreille) étaient prises par le pied à coulisse mécanique de marque MUTUTUYO SHOCK PROOF au millimètre près. LT (longueur totale) et LQ (longueur queue) étaient mesurées à l'aide d'une latte graduée. Nous avons étiqueté les spécimens grâce à un TG Tacher II, Fine. Les carcasses étaient conservées dans une solution de formol à 10% après la prise d'une biopsie

2.7 TRAITEMENT DES DONNÉES

La diversité spécifique a été évaluée en recourant aux indices de biodiversité suivants : indice de diversité de SIMPSON (D), indice de SHANNON-WIENER (H), Equitabilité maximum (E), Diversité spécifique maximum (H max) grâce aux formules ci-dessous [19]:

$D = \sum (p_i)^2$	$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$	$E = H / H \text{ max}$
$H \text{ max} = -S (1/S \log_2 1/S = \log_2 S)$		

Avec :

Indice de diversité de SIMPSON (D) : p_i = la proportion de chaque espèce dans la communauté ;

Indice de SHANNON-WIENER (H) : $p_i = n_i/N$; S = nombre d'espèces, p_i = proportion (abondance relative) de la première espèce dans l'échantillon, n_i = nombre d'individus par espèce, N = nombre total d'individus ;

Equitabilité maximum (E) : H = indice de diversité observé et H max = la diversité spécifique en cas d'Equitabilité maximum ;

Diversité spécifique maximum (H max) : S= nombre d'espèces dans la communauté.

3 RESULTATS

3.1 INVENTAIRE SYSTEMATIQUE DES RONGEURS ET SORICOMORPHA

A la fin des séances des captures réalisées dans les champs de cultures mixtes de la région de Kisangani et ses environs, en 8.955 nuits pièges, nous avons collectionné 301 spécimens de Rongeurs et Soricomorpha. L'Ordre des Rongeurs est le plus représenté : 288 spécimens sur 301 au total, soit 95,68 %. Ils sont répartis en 10 espèces. L'Ordre des Soricomorpha est représenté par 13 individus soit 4,31 %. Le rendement obtenu est de 3,36 spécimens pour 100 pièges.

Le tableau 1 donne la fréquence des rongeurs et Soricomorpha capturés.

Tableau 1. Inventaire Systématique des Rongeurs et Soricomorpha capturés dans 12 champs de Kisangani et ses environs.

<i>Ordre des Rongeurs</i>						
<i>Famille</i>	<i>Espèces</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>I</i>	<i>Nt</i>	<i>%</i>
<i>Muridae</i>	<i>Hybomys lunaris</i> (Thomas, 1906)	1	3	-	4	1,32
	<i>Hylomyscus sp7</i>	1	1	-	2	0,66
	<i>Hylomyscus sp</i>	3	2	1	6	1,99
	<i>Lemniscomys striatus</i> (Linaneus, 1758)	13	14	1	28	9,30
	<i>Lophuromys dudui</i> (Verheyen, Hulselmans & Dierckx, 2002)	7	2	4	13	4,31
	<i>Mastomys natalensis</i> (Smith, 1834)	8	4	-	12	3,98
	<i>Nannomys grata</i> cf	93	58	17	168	55,81
	<i>Praomys jacksoni</i> cf	8	6	-	14	4,65
	<i>Praomys minor</i> (Hatt, 1934)	11	5	-	16	5,31
	<i>Praomys misonnei</i> (Van der Straeten & Dieterlen, 1987)	1	-	-	1	0,33
	<i>Praomys indéterminés</i>	14	8	2	24	7,97
<i>Ordre des Soricomorpha</i>						
<i>Soricidae</i>	<i>Crocidura sp</i>	5	8	-	13	4,31
Total:		165	111	25	301	

Légende: M : individu de sexe male, F : individu de sexe femelle, I : individu de sexe indéterminé
Nt : nombre total de spécimens, % : pourcentage.

L'analyse du tableau 1 montre que 301 spécimens de petits mammifères avaient été récoltés dans les champs de cultures mixtes de Kisangani et ses environs. L'Ordre des Rongeurs est plus diversifié que celui des Soricomorphes. Il comporte une famille, celle des Muridae. Elle est répartie en 10 espèces. L'espèce *Nannomys cf grata* représente plus de la moitié de la collection; soit 168/301 spécimens (55,81%). C'est l'espèce dominante des champs que nous avons pu exploiter. Le genre *Praomys* comprend 3 espèces : *P. cf jacksoni*, *P. misonnei* et *P. minor*. La dernière espèce vient en tête dans le genre avec 16 individus. En plus, *P. misonnei* n'est représenté que par 1 spécimen mâle dans la collection soit 1/301 ou 0,33%. Dans l'ensemble, les mâles sont plus abondants que les femelles; leurs proportions sont respectivement 54,81% et 36,87%. Les individus de sexe non déterminé comprennent 8,30%.

L'Ordre des Soricomorphes est le moins abondant pour cette étude. Il est représenté par 13 spécimens, soit 4,31% sur l'ensemble des individus capturés. Ces spécimens appartiennent à la famille des Soricidae.

3.2 ANALYSE DE LA DIVERSITÉ

Le tableau 2 donne les valeurs des indices de diversité observés dans les champs de Kisangani et ses environs.

Tableau 2. Indices de diversité observés dans les champs de Kisangani et ses environs.

Espèce	Ni	Pi	(Pi) ²	(Pi)(log2Pi)
<i>Hybomys lunaris</i>	4	0,013289	0,0002	- 0,083
<i>Hylomyscus sp7</i>	2	0,006644	4,41496E-05	- 0,048
<i>Hylomyscus sp</i>	6	0,019933	0,000397	- 0,113
<i>Lemniscomys striatus</i>	28	0,093023	0,008653	-0,319
<i>Lophuromys dudui</i>	13	0,043189	0,001865	-0,166
<i>Mastomys natalensis</i>	12	0,039867	0,001589	-0,185
<i>Nannomys cf grata</i>	cf 168	0,558139	0,311519	-0,470
<i>Praomys cf jacksoni</i>	cf 14	0,046511	0,002163	-0,206
<i>Praomys misonnei</i>	1	0,003322	1,103E-05	-0,027
<i>Praomys sp</i>	24	0,079734	0,006357	-0,291
<i>Crocidura sp</i>	13	0,043189	0,001865	-0,196
<i>Praomys minor</i>	16	0,053156	0,002825	-0,225
Total : 12	301		0,3374	-2,358

Les valeurs de différents indices calculés sont : - Shannon Wiener : $H\alpha = 2,358$; - Diversité de Simpson : $D = 0,6625$; - Equitabilité : $E = 0,6577$. Ainsi, le tableau 2 montre que l'indice de Shannon Weiner ($H\alpha = 2,358$) est faible. Ceci traduit relativement une diversité spécifique ($D = 0,6625$) faible dans les champs de cultures mixtes de la région de Kisangani. Ce constat est vérifiable parce que l'espèce *Nannomys cf grata* domine sur l'ensemble des captures soit 168/301 (55,81%). Par conséquent, les individus capturés ne sont pas bien répartis entre les différentes espèces d'où une Equitabilité de 0,6577.

3.3 DISTRIBUTION DES ESPECES DANS LES CHAMPS

En ce qui concerne la distribution des espèces dans les champs, on peut noter que les Rongeurs et Soricomorphes ont été capturés dans 12 champs de cultures mixtes. Ces résultats ont été réalisés en 90 jours de piégeage. Dans le champ BAM-1, nous avons capturés 137 individus, parmi lesquels *Nannomys cf grata* est abondante représentée par 92 individus (67,15%). L'Ordre des Rongeurs est très diversifié que celui des Soricomorphes. Il est représenté par 130 spécimens. *Praomys misonnei* est la moins représentée : 1 individu (0,72%) sur 137 au total. L'Ordre des Soricomorpha à son tour dans BAM-1 est composé de 7 spécimens.

Sur la rive droite, le Champ BAM-1 a fourni plus d'individus (137 individus sur 301) que d'autres champs de la même rive et ceux de la rive gauche. Ceci se justifie par plusieurs jours de piégeage (30 jours) effectué dans cet habitat. Dans le champ BAM-2, nous n'avions capturé que 7 individus appartenant à l'espèce *Nannomys cf grata*, en neuf jours de piégeage. Cette faible capture est attribuée à l'état de champ qui était bien sarclé et nouvellement semé. Cependant, En huit jours de piégeage dans le champ BAM-3, nous avons pu recenser deux Ordres de petits Mammifères. Les Muridae groupés en 71 individus. Ils sont repartis en trois espèces : *Lophuromys dudui*, *Nannomys cf grata* et *Praomys jacksoni*. Cinq spécimens des Soricomorphes du genre *Crocidura* ont été également capturés dans ce champ. Dans BAM-4, nous avons capturé trois spécimens (Muridae) en 4 jours de piégeage. BAM-5 avait fourni neuf spécimens de Rongeurs. Ils ont été capturés en trois jours de piégeage. *Praomys cf jacksoni* est abondante : 4 spécimens sur 91. Tandis que LIT-1 a offert 14 individus dont : 13 Rongeurs et 1 Soricomorpha en 7 jours de piégeage.

Dans les biotopes YOK-1 et YOK-2 20 Rongeurs ont été capturés. *Nannomys cf grata* est abondante dans les deux milieux, respectivement 5 et 6 bêtes. Nous y avons piégé pendant 5 jours. Les champs YOK3, YOK4 et YOK5 ont fourni respectivement : 8, 6 et 21 individus de Rongeurs. *Nannomys cf grata* est abondante dans YOK-5 (8/21 individus capturés dans ce champ). Mais absente dans YOK-3. Dans chacun de ces deux derniers champs, nous y avons piégé pendant 5 jours. Dans le champ YOK-6, aucune bête n'a été capturée néanmoins; nous y avons piégé pendant cinq jours. Nous pensons que

les Rongeurs et les Soricomorphes n'étaient pas capturés parce qu'ils évitaient les fourmis rouges qui étaient en place le matin et soir pendant la période qui avait couvert les sessions de captures.

Les espèces capturées sur la rive droite sont : *Hylomyscus sp*, *Lemniscomys striatus*, *Lophuromys dudui*, *Mastomys natalensis*, *Nannomys cf grata*, *Praomys cf jacksoni*, *Praomys misonnei*, *Praomys sp* et *Crocidura sp*. Tandis que celles capturées sur la rive gauche du fleuve Congo sont : *Hybomys lunaris*, *Hylomyscus sp7*, *Lemniscomys striatus*, *Nannomys cf grata*, *Praomys cf jacksoni*, *praomys minor* et *Praomys sp*. Ces espèces ont été capturées en 90 jours de piégeage. Sur la rive gauche, nous avons piégé pendant 29 jours et cela nous a permis de collectionner 55 Rongeurs. YOK-5 vient en tête de la série des champs de la rive gauche avec 21 individus.

Ces résultats nous montrent que *Nannomys cf grata* : (168 spécimens, 55,81%) ; *Lemniscomys striatus* (28 individus : 9,30%) ; *Praomys sp* (24 individus) ; *Praomys minor* (16 spécimens : 5,31%) sont les Rongeurs de cultures mixtes.

3.4 EFFICACITÉ DES PIÈGES

La figure 2 donne le type de pièges utilisés et leur efficacité

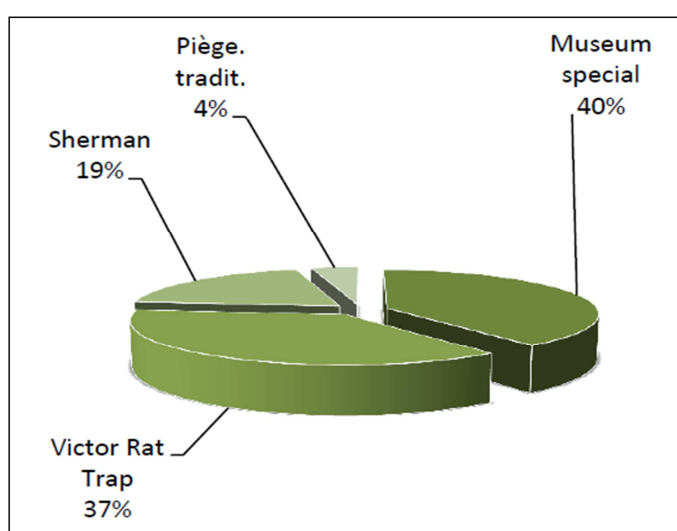


Figure 2. Type de pièges utilisés et leur efficacité.

Il ressort de cette figure que le piège Museum Special et Victor Rat Traps se sont montrés plus efficaces dans la capture des Rongeurs des champs de cultures mixtes, que le Sherman et le piège traditionnel. Ils ont capturés respectivement (119 individus : 40% et 112 individus : 37%). Treize Soricomorphes avaient été récoltés sur la rive droite du fleuve. Cinq spécimens étaient capturés par le Victor, six spécimens par Museum Special et deux bêtes sont le fruit du piège Sherman. Aucun *Crocidura* n'a été capturé par le piège traditionnel.

3.5 DISTRIBUTION DES ESPECES SUR LES DEUX RIVES DU FLEUVE CONGO

Les figures 3a et 3b donnent la distribution des espèces sur les deux rives du fleuve Congo.

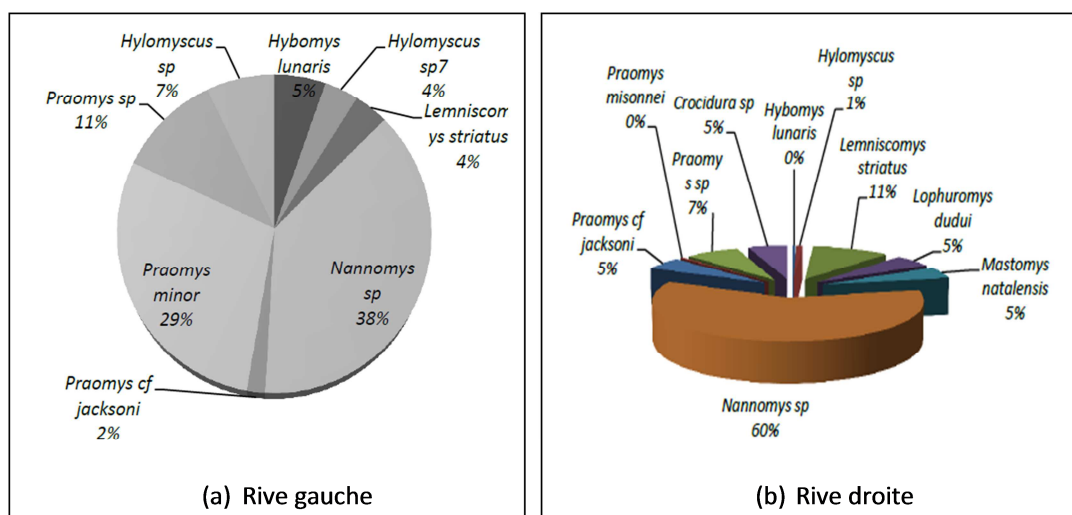


Figure 3. Distribution des espèces sur les deux rives du fleuve Congo

Il ressort de la figure 3 que sur les deux rives du fleuve Congo, nous avons capturé douze espèces de petits Mammifères. Sur la rive gauche (fig. 3a), 8 espèces sur 12 ont été récoltées. Elles sont réparties en 55 spécimens sur 301 individus soit une proportion de 10,27 %. Les espèces suivantes : *Lophuromys dudui*, *Mastomys natalensis*, *Praomys misonnei* et *Crocidura sp* y étaient absentes. L'espèce abondante est *Nannomys cf grata* (38,18 %). Sur la rive droite (fig. 3b), nous avons collectionné 246 spécimens sur 301 individus. Ils sont repartis en 10 espèces, soit une proportion de 81,72 %. Les espèces *Hylomyscus sp7* et *Praomys minor* n'ont pas été capturées sur cette rive. L'espèce dominante est *Nannomys cf grata* (147 individus : 59,76 %) et l'espèce rare est *Hybomys lunaris* (1/246 : 0,4%).

4 DISCUSSION

La campagne de piégeage menée en 90 jours du mois d'avril au mois d'octobre 2008 avait disposé 301 individus des Rongeurs et Soricomorphes. Ils avaient été capturés dans les champs de cultures mixtes de la région de Kisangani. L'effort de capture était de 8.995 nuits pièges. Les 301 spécimens récoltés appartiennent à deux Ordres des Rongeurs (288 individus : 95,38 %) et Soricomorpha (13 individus : 4,31%). L'Ordre des Rongeurs est le plus représenté par la famille des Muridae. Elle est répartie en 11 espèces. *Nannomys cf grata* (168/301 spécimens, est la plus abondante avec une proportion de 55,81%). A ce stade, nos résultats rejoignent les conclusions de [12] et [20] indiquant que les *Nannomys* sont les Rongeurs des cultures. *Hylomyscus sp7* (1/301 individus : 0,66%) est l'espèce rare dans les champs explorés.

Plusieurs chercheurs qui ont orienté leurs études dans le domaine de petits Mammifères ont constaté que, lors des captures, les Rongeurs sont les plus abondants qualitativement et quantitativement par rapport aux Soricomorpha. A ce titre, [19] avait récolté 1.544 Rongeurs mais 33 Soricomorphes sur 1.577 bêtes capturées à la Réserve de Faune à Okapi (RFO); quant à KAMBALE (2006) avait recensé 251 spécimens dont 232 Rongeurs contre 19 Soricomorpha. Muhindo [21] et Alimasi [22] ont collecté respectivement 126 Rongeurs contre 9 Soricomorphes et 175 Rongeurs sur 201 individus capturés. Ces résultats mettent en évidence la faible proportion des Soricomorphes dans la collecte de matériel biologique dans la région de Kisangani lorsque les pièges : Victor, Sherman, Museum et pièges traditionnels sont utilisés. A titre exemplatif, chez [19], les Soricomorphes n'ont même pas atteint 13% du total des captures. Il convient de noter que ces captures ont été faites dans les forêts et jachères, sauf celle de [21] qui a été effectuée dans un champ de cultures mixtes sur la rive droite au PK 10 ancienne route Buta.

La présente investigation était entreprises dans les champs entourés des jachères, ce qui a permis la capture d'un nombre élevé des Rongeurs car, les jachères suite à leur complexité structurale impliquent la diversité des niches écologiques et sont des habitats favorables pour les Rongeurs. Notre constat est conforme à celui de Kadange et al. [23]. Nous avons obtenus un rendement de 3,36, tandis que [21] avait obtenu un rendement de 5,7. La différence entre ces rendements pourrait être justifié par le fait que le nombre de nuit pièges effectué et le nombre des habitats exploités dans les deux études. En effet, Muhindo [21] et Amundala et al. [24] citent *Nannomys sp*. Comme espèce abondante dans les champs. Les résultats de cette étude convergent avec ces affirmations. En comparant nos résultats à ceux de [21], on peut noter que 13 espèces ont été observées dans ces deux études. 11 espèces sur 13 ont été observées dans notre étude. L'espèce *A. leucornytia* n'a pas été

capturée dans la présente investigation, par contre [21] avait récolté 8 des 13 espèces recensées. Mais les espèces suivantes : *H. lunaris*, *Hylomyscus sp7*, *Mastomys natalensis*, *Praomys minor* et *Praomys misonnei* n'étaient pas capturées.

BAM-1 avait fourni plus des spécimens que d'autres champs. 137 individus dont 97 spécimens (soit 67,15%) de *Nannomys cf grata* suivi de BAM-3 qui a son tour avait offert 33 individus. Dans LIT-1, nous avons capturé un Micromammifère dans le piège Museum. Cette capture non ordinaire est attribuée au régime alimentaire des Microchiroptères, qui sont Insectivores. Il voulait probablement se nourrir des insectes se trouvant sur l'appât accroché à ce piège. YOK-6 n'avait rien fourni en Rongeurs ou en Soricomorphes. Nous pensons qu'aucune bête n'avait été capturée dans ce champ parce qu'il y avait la présence régulière des fourmis. Ils étaient observés à chaque fois que nous nous rendions au site de capture. Les travaux de [24] montrent que les Rongeurs causent les dommages aux cultures dans la région de Kisangani. Amundala [12], avait capturé 1.516 Rongeurs (679 en cultures, 837 en jachères) en 17 espèces. De toutes les espèces supposées ravageuses de Kisangani, *Thryonomys sp*, *Lemniscomys striatus*, *Lophuromys dudui*, *Praomys sp*, *Cricetomys emini*, *Nannomys sp* sont considérées comme les espèces principales de ravages de cultures. Nous n'avons pas capturé *T. sp*, et *C. emini* dans cette étude ; mais nous avons observé les dégâts (ravages) de ces espèces faits aux cultures dans BAM-1 sur les jeunes tiges de riz âgé de mois. Bien que l'espèce *Nannomys sp* est abondante dans les champs de la région de Kisangani et ses environs, ce n'est pas le cas dans la région de Kivu où Appert et Deuse [11] ne l'avaient pas capturée. Au contraire, ils ont observé *Daymys incomtus* et *Lemniscomys striatus* dans les champs de sorgho, de blé, de haricot, de maïs, de manioc et de patate douce. Les résultats de la présente investigation sont contraires à ceux de [21] concernant l'espèce *Lemniscomys striatus*, qui dans ses études était fréquente dans le champ lors de ses captures. En effet, elle a été rarement attrapée dans les champs au cours de cette recherche. Elle était absente dans BAM-1, BAM-4, BAM-5, YOK-3, YOK-4, YOK-5 et YOK-6.

Dans les champs de la rive droite, nous avons capturé *Lophuromys dudui*, *Mastomys natalensis*, *Praomys misonnei* et *Crociodura sp* qui n'étaient pas récoltées dans les habitats de la rive gauche. Sur cette rive, nous avons recensé : *Hylomyscus sp7* et *Praomys minor* absentes sur la rive droite. Pour ce qui est des Soricomorphes, nous ne les avons pas assez capturés compte tenu de notre technique de piégeage utilisée. Ils se font mieux capturer dans les pitfall que les clapettes [7], [25]. Leur importance économique dans l'agriculture est douteuse à notre connaissance. Peut-être qu'ils se font attraper dans les champs simplement parce qu'ils viennent ingérer les insectes sur les appâts accrochés contre les pièges. En effet, nous avons capturé 13 *Crociodura* sur 301 spécimens dans tous les champs explorés. Nous avons remarqué également que la capture des Soricomorphes était de plus en plus faible. Seulement, 7 individus collectés à BAM-1 et 5 spécimens à BAM-3 et 1 à LIT-1.

Quant à l'analyse de diversité observée, elle montre que les spécimens capturés ne sont pas bien répartis entre les espèces inventoriées. Ces indices sont : Simpson « D », de Shannon Wiener « H_α » et l'Equitabilité « E » sont respectivement : 0,6625 ; 2,358 et 0,6577. Ces indices traduisent une faible diversité et une mauvaise répartition des spécimens entre les différentes espèces.

Concernant l'efficacité des pièges utilisés pour la capture de matériel biologique de cette investigation, les résultats ont montré que les pièges Museum et Victor se sont montrés plus favorables pour la récolte des Rongeurs et Soricomorphes dans les champs de cultures mixtes. Tandis que le Sherman et les pièges traditionnels se sont montrés moins efficaces. Dudu [26] et Gambalemoke [7], avaient aussi remarqué que les pièges traditionnels fournissent peu de spécimens lors des séances de captures des petits Mammifères. Cette affirmation est confirmée aussi pour cette étude car, ils n'ont fourni que 11 individus bien qu'ils ne soient pas appliqués dans la totalité des champs.

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Douze champs de cultures mixtes dont six situés sur la rive droite et six sur la rive gauche ont été exploités. Ces champs présentent une diversité spécifique qui nous a permis d'y inventorier 301 spécimens de petits Mammifères répartis en 12 espèces, en 8.955 nuits pièges. Nous avons obtenu un rendement de 3,36 spécimens pour cent pièges. Les mâles dominaient sur les femelles : 54,81% contre 36,87%. La proportion des individus de sexe non déterminé (bête pourrie) est de 8,3 %. L'espèce la plus abondante dans tous les champs étudiés est *Nannomys cf grata* (55,81%) ; *Lemniscomys striatus* (9,3%) *Lophuromys dudui* et *Praomys cf jacksoni* représentent respectivement les proportions suivantes : 4,31 % et 4,65%. *Hylomyscus sp7* (0,66%) et *Praomys misonnei* (0,33%) sont rares dans les champs. Les cultures sont ravagées pendant les stades végétatifs ou cycles culturels. Ceci est confirmé par la présence de 11 espèces des Rongeurs dans 12 champs. Le piégeage par Museum Special et Victor Rat Traps est favorable pour la capture des petits Mammifères dans les champs de cultures mixtes. Les indices de biodiversité observés traduisent une faible diversité et une mauvaise répartition des spécimens parmi les différentes espèces récoltées.

Etant donné que la destruction des cultures par les rongeurs est un facteur de ralentissement de la croissance agricole, il donc souhaitable qu'une politique de lutte contre ces dévastateurs agricoles soit mise en place en République Démocratique du Congo en vue de protéger les champs.

REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [2] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Republic Democratic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. Journal of Advanced Botany & Zoology. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [3] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). Congo Sciences Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [4] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [5] L. Kumba. Analyse de la structure spatiale des données ponctuelles par les méthodes des distances appliquées en écologie du paysage. Cas de *Gilbertiodedron dewevrei* (De Wild). J. Léonard, *Scorodophaeus zenkenri* Hames et *Uapaca guinensis* Mull. Arg. dominantes dans la Réserve forestière la Yoko, Kisangani, RD Congo. TFC Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [6] M. Mate. Croissance, phytomasse et minéralomasse des haies des légumineuses améliorantes en cultures en allées à Kisangani (RD Congo) Thèse, Université Libre de Bruxelles, 2001.
- [7] M. Gambalemoke. Contribution à l'étude de la biodiversité des Musaraignes (Soricomorpha, Mammalia) des blocs forestiers inter-rivières du bassin du Congo dans la région de Kisangani (RD Congo). TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2008.
- [8] N. Buloko. Croyances traditionnelles et conservation de la biodiversité végétale dans les environs de Kisangani (RD Congo). TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2004.
- [9] O. Longe. Etude du système des cultures : cas de d'agriculture urbaine pratiquée au plateau Boyoma. TFC, Fac. Sci. Agronomiques, Université de Kisangani, 2006.
- [10] L. Utshudi. Etude de la dimension fractale sur la complexité de la structure spatiale des classes dans l'occupation du sol d'un écosystème forestier de la cuvette Congolaise. TFC, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [11] J. Appert, J. Deuse. Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous tropiques, Editions MAISONNEUVE & LAROSE, PARIS (Vé), 1982.
- [12] D. Amundala. Ecologie des populations des Rongeurs (Rodentia, Mammalia) dans une perspective de gestion des espèces nuisibles aux cultures dans la région de Kisangani (RD Congo). Thèse de Doctorat, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2013.
- [13] L. Wetshi, M. Biya, J. Ruelle. Observation sur l'importance relative des voies d'approvisionnement du gibier mammalien vendu au marché central de Kisangani (Zaïre), Ann. Fac. Sci. (Université de Kisangani), Vol. 5, pp. 105-114, 1988.
- [14] A. Dudu. Contribution à l'écologie des Muridae (Rodentia, Mammalia) de la région de Kisangani et des îles du fleuve Zaïre entre le Maïko et le Kasai. TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 1986.
- [15] M. Mandango. Flore et végétation des Iles du fleuve Zaïre dans la sous-région de la Tshopo (Haut-Zaïre). Thèse de Doctorat, Fac. Sci., Université de Kisangani, 1982.
- [16] E.Y. Nkufutela. Contribution à l'étude des peuplements des Rongeurs de Masako (Kisangani, Zaïre). Cas des jachères. TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 1988.
- [17] J. Lejoly, S. Lisowski, M. Ndjele. Catalogue des plantes vasculaires des sous régions de Kisangani et Tshopo (Haut Zaïre), 3e édition, Laboratoire de botanique et Systématique et de Phytosociologie, Université Libre de Bruxelles, 1988.
- [18] A. Dudu. Etude du peuplement des Insectivores et des Rongeurs de la forêt Ombrophile de basse altitude du Zaïre (Kisangani, Masako). Thèse de doctorat, Fac. Sci. Universiteit. Antwerpen, 1991.
- [19] G.B. Katuala. Contribution à l'écologie des Rongeurs et Soricomorphes de la Réserve de la Faune à Okapi (RFO) (ITURI, RD Congo). TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [20] U. Rahm, A. Christianensen. Les Mammifères de la région occidentale du lac Kivu. Musée Royal de l'Afrique Centrale-Tervuren, Belgique. Ann. Série in -8e- Sciences zoologiques 1963, n° 118, pp. 1-83.

- [21] W. Muhindo. Contribution à la connaissance des Rongeurs ravageurs des cultures à Kisangani et ses environs, cas de l'ancienne route Buta à Kisangani (RD Congo). TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2006.
- [22] T. Salimasi. Contribution à l'étude des Rongeurs et Soricomorphes (Mammalia) de la rive droite de le Lindi : Forêts de Bayangene (Bengamisa, RD Congo). TFC, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [23] N. Kadange. Distribution écologique et essai de capture et recapture de petits Mammifères (Rongeurs et Insectivores) de la concession du jardin zoologique de Kisangani. TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 1996.
- [24] D. Amundala, J. Kennis, H. Leirs, A. Dudu. Furner survey in the hinterland of Kisangani (Democratic Republic of Congo) on rodent crop damage and rodent control technique used, Mammalia no. 72, pp. 192-197.
- [25] K. Kambale. Données préliminaires des peuplements des petits Mammifères (Rongeurs et Insectivores) de la rive droite de la Lindi (Yelenge, RD Congo) : efficacité des captures par « Sherman », « Museum Special » et « Victor Rat Traps ». TFE, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2006.
- [26] A. Dudu. Contribution à l'éco-éthologie des Rongeurs de l'Ile Kongolo (Haut-Zaïre). TFC, Fac. Sci., Université de Kisangani, 1979.

Facteurs déterminants du stress chez les agences de recrutements : Cas de la ville de Tétouan-Mdiq

[Determinants of stress among recruitment agencies: Case of the city of Tetouan-Mdiq]

Rachid Abouettahir

Génie industriel, Faculté des sciences, 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: The objective of this article is to study the link between stress and productivity of individuals who are exposed to the front office. Still underestimated and always physical and mental overload of work. Indeed, it is mainly the people who perform a repetitive task and execution that may have a negative effect on business productivity and psychic decompression problems or burnout. However, managers and business leaders do not pay much attention to this threat which can also address the moral and physical health of employees.

The pragmatic leaders concerned about the achievement of profitability targets, limits them to a narrow vision of economic risks to their societies, hence they express negligence in relation to preventive measures against stress.

Our work is a study on the causal link between stress and productivity through the exploitation of the Karasek questionnaire.

Finally, faced with these results, we present the principles of the solution and the interest of studying the causes of Burnout.

KEYWORDS: Stress, Burnout, productivity, ergonomics, Karasek, occupational hazard.

RESUME: L'objectif de cet article est d'étudier le lien entre le stress et la productivité des personnes physiques qui sont exposées au front office. On sous-estime encore et toujours la surcharge physique et psychique du travail. En effet, ce sont surtout les personnes qui effectuent une tâche répétitive et d'exécution qui risquent d'avoir un effet négatif sur la productivité des entreprises ainsi que des problèmes de décompression psychique ou de burnout. Or, les managers et les dirigeants d'entreprises ne prêtent pas beaucoup d'attention à cette menace qui peut aussi s'attaquer à la santé morale et physique des salariés.

L'esprit pragmatique des dirigeants préoccupés par l'atteinte des objectifs de rentabilité, les limite à une vision restreinte des risques économiques auxquels sont exposées leurs sociétés, d'où la négligence qu'ils expriment par rapport aux actions préventives contre le stress.

Notre travail vise une étude sur ce lien de causalité entre le stress et la productivité par l'exploitation du questionnaire de Karasek. Enfin, face à ces résultats, nous présentons les principes de la solution et les intérêts d'avoir étudié les causes de Burnout.

MOTS-CLEFS: Stress, Burnout, productivité, ergonomie, Karasek, risque professionnel.

INTRODUCTION

Une situation de travail est génératrice de stress si elle associe des exigences élevées des tâches et un soutien social faible de la part de l'équipe de travail ou de la hiérarchie.

Le questionnaire de Karasek est utilisé dans notre cas de diverses manières, par exemple les scores seront comparés au sein d'une même agence, entre divers services, divers métiers... [1]

Notre travail vise en particulier à étudier cette problématique avec un objectif:

- d'aboutir à une cartographie du vécu au travail et des risques psychosociaux au travail concernant les salariés d'un réseau des agences de service de **Tétouan** et **Mdiq**.
- de déterminer des actions prioritaires d'amélioration des conditions de travail.

Cette étude constitue une partie du diagnostic et qui fera par la suite une couverture de toutes les agences du royaume.

MÉTHODOLOGIE

Cette enquête, menée durant les mois d'août à septembre 2015, a été réalisée par voie directe : un questionnaire a été rempli directement avec 12 agents des deux agences, réparti par le statut des cadres et d'administration.

Il s'agit du questionnaire de **Karasek** qui fournit une évaluation des risques psychosociaux au travail via notamment 26 questions, permettent d'apprécier 3 éléments : **latitude décisionnelle (L-D)**, **demande psychologique (D-P)** et **soutien social(S-S)**.

TAUX DE PARTICIPATION

Le taux de réponses reçues est de 100 % soit 12 questionnaires testés. Dans l'ensemble, nous constatons une bonne homogénéité des taux de réponses pour chacun des critères socioprofessionnels utilisés dans le cadre du tirage de l'échantillon.

PRINCIPAUX RÉSULTATS SELON LE QUESTIONNAIRE KARASEK UTILISÉ

Le questionnaire utilisé permet de mesurer notamment le niveau de demande psychologique et de latitude décisionnelle des agents et de les classer dans 4 catégories selon les résultats obtenus à ces deux scores. Chaque question du Karasek est cotée de 1 à 4, pondérée puis, un score global est calculé pour chacun des axes [2] [3].

Enfin, la détermination de JOB STRAIN dans chaque agence va nous permettre de déterminer l'ISO STRAIN. Les résultats de notre étude seront repartis par agences et ensuite étudiés en ensemble.

A. LE NIVEAU DE STRESS PROFESSIONNEL SELON KARASEK- AGENCES TETOUAN-MDIQ

Le niveau de stress sera étudié selon les quatre quadrants de questionnaire de Karasek. Chaque question est cotée de 1 à 4, pondérée puis, un score global est calculé pour chacun des axes :

- pour la **latitude décisionnelle**, les scores vont de [48..... à 68] et la médiane est de 56 (point où l'axe horizontal coupe l'axe vertical sur le graphique ci-contre),
- pour la **demande psychologique**, les scores vont de [14 ...à 25] la médiane est de 19.5 (point où l'axe vertical coupe l'axe horizontal sur le graphique ci-contre).

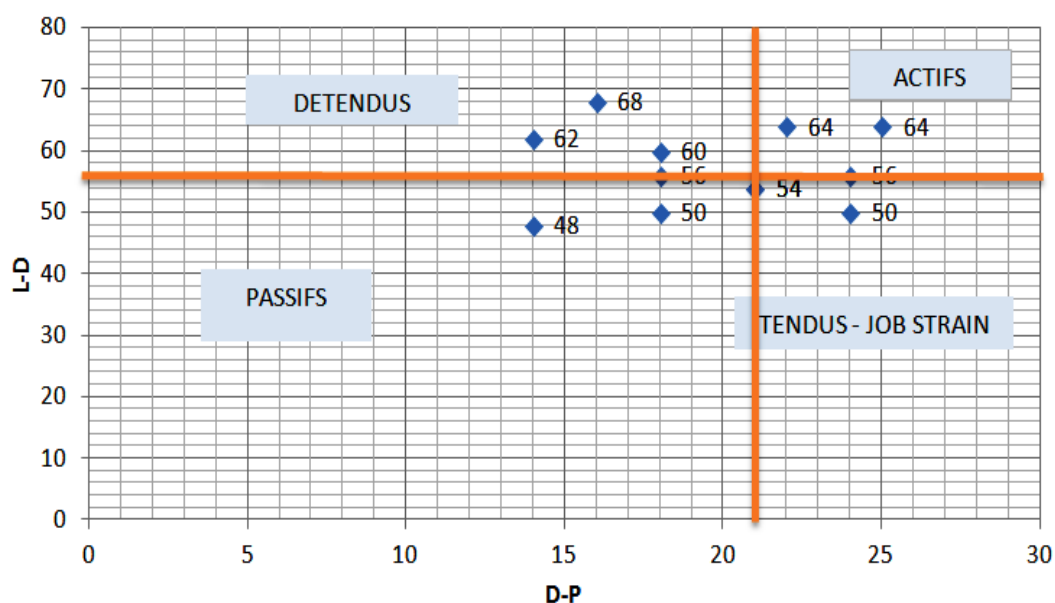


Fig. 1. Graphe de notre analyse Karasek

1 LE QUADRANT DES ACTIFS

Les agents situés dans le quadrant « Actifs » sont des agents présentant une **forte demande Psychologique** mais ayant une **forte latitude décisionnelle**.

Notre étude montre que deux agents femmes de la ville de Tétouan se situent dans ce quadrant. Notant que ces deux agents ne disposent pas d'un objectif mensuel et elles ont un tableau de bord administratif clair et bien déterminé.

2 LE QUADRANT DES PASSIFS

Les agents situés dans le quadrant « Passifs » sont des agents présentant à la fois une faible demande psychologique et une faible latitude décisionnelle.

Les sous-populations situées dans ce cadrant « Passifs » sont particulièrement pour Tétouan et Mdiq :

- des cadres chargés d'une prestation routinière hebdomadaire avec un score moyen de la demande psychologique de 16 (14-18) et de la latitude décisionnelle de 49 (48-50),
- les cadres chargés des prestations spécifiques avec un adjectif réduit,
- l'agent administratif ayant une ancienneté au poste actuel de plus de 7 ans,
- les agents n'ayant pas de responsabilité d'encadrement.

3 LE QUADRANT DES DÉTENDUS

Les agents situés dans le quadrant « Détendus » sont des agents présentant une faible demande psychologique et une forte latitude décisionnelle.

En analysant notre graphe, nous constatons que se sont des agents cadres disposant d'un objectif facile à atteindre avec une partie administrative comptabilisé dans le tableau de bord.

4 LE QUADRANT DES STRESSÉS

Rappelons que les agents situés dans le quadrant « Tendus » sont des agents présentant une forte demande psychologique mais une faible latitude décisionnelle.

Les personnes classées dans la catégorie « Tendus » Job Strain sont particulièrement, les chargés des prestations à haute demande d'objectif et un budget de temps réduits.

Toutefois, la personne classée dans cette catégorie « Tendus » Job Strain est celui chargé de l'intérim de l'agence.

Au contraire, il y'a une sous population qui se situent entre les trois quadrants passif-tendu, passif-détendu et actif-tendu. Sont respectivement:

Les anciens cadres chargés en plus de leur tâche à des missions de consulting et de la formation. Or, ces fonctions ne sont comptabilisées dans le tableau de bord ou imputé à moindre pondération. Malgré qu'elle présente un pourcentage significatif de 33.34%.

Le soutien social est par définition est la somme de ce dernier de la part de la hiérarchie plus celui de la part des collègues. Si ce score est inférieur à 24, on considère qu'il est faible. Au contraire l'Iso Strain est la combinaison du Job Strain à un faible soutien social (inférieur à 24) [4].

Le résultat de l'Iso Strain dans notre analyse est constaté chez les femmes chargés des projets d'accompagnement et le suivi hebdomadaire de reporting. Ainsi, le cadre chargé de l'intérim à Mdiq.

Le tableau et le graphe ci-dessous met en évidence les liens entre les variables relatives au job strain et l'iso strain

N°	Agence	Sexe	Age	Statut	D-P	L-D	S-S	JOB STRAIN	ISO STRAIN
1	Tétouan	Homme	30-39	Cadre	16	68	19		
2		Homme	30-39	Cadre	18	50	18		
3		Femme	40-49	Cadre	25	64	23	JOB STRAIN	ISO STRAIN
4		Femme	40-49	Administrative	22	64	30	JOB STRAIN	
5		Homme	40-49	Cadre	21	54	19		
6		Femme	40-49	Administrative	18	56	21		
7		Homme	30-39	Cadre	21	54	19		
8		Femme	30-39	Cadre	24	56	23	JOB STRAIN	ISO STRAIN
9		Homme	30-39	Cadre	18	60	16		
10	Mdiq	Homme	40-49	Cadre	24	50	23	JOB STRAIN	ISO STRAIN
11		Femme	40-49	Cadre	14	62	18		
12		Femme	30-39	Cadre/Administrative	14	48	19		

Tableau 1 Résultat de notre analyse Karasek

CONCLUSION

Indépendamment des autres variables, la **variable passive associé aux autres variables est significativement corrélée à la chute de productivité** [5]. Plus précisément, travailler en administration, front office et sur des dossiers répétitifs augmente significativement le risque de percevoir comme négative l'influence du travail sur la productivité au travail [6] [7]. Les autres variables en relation significative avec le risque d'appartenir au quadrant des activités « tendues » du Karasek sont :

- la modification de son environnement de travail par des changements,
- la responsabilité d'encadrement,
- la perception de la prise en compte de son avis ou celui de ses représentants lors de la mise en place d'un changement,
- l'ancienneté au poste actuel.

Nous distinguons particulièrement :

- que le risque d'avoir le sentiment que le travail a un impact négatif sur la santé augmente significativement pour:
 - ❖ les agents ayant une responsabilité d'encadrement (66.66 %)
 - ❖ les agents ayant vécu au cours des 12 derniers mois :
 - un changement d'organisation du travail (41.66 %)
 - un changement de poste ou de fonction (33.33%)

- que le risque d'avoir le sentiment que le travail a un impact négatif sur la santé diminue significativement pour les agents ayant 9 ans ou plus d'ancienneté au poste (25 %)

En revanche, on peut noter que la lourdeur des procédures et la confrontation journalière avec les clients en front office augmentent le risque de réduire la productivité et le Burnout au travail [8] [9].

REFERENCES

- [1] Theorell, «Current issues relating to psychosocial job strain and cardiovascular,» 1996.
- [2] e. & h. Scandinavian journal of work, pp. 32(6), 443-462.
- [3] Karasek R, Brisson C, Kawakami , «The Job Content Questionnaire (JCQ)».
- [4] Dares, «Les risques psychosociaux au travail: les indicateurs disponibles », ,,» Analyses, Publication de la direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques, paris, n°081, Décembre 2010..
- [5] «Malaise au travail,» *Revue Sciences Humaines*, vol. automne, 2008.
- [6] C. Yves, «Le travail à coeur. Pour en finir avec les risques psychosociaux,» éd. La Découverte, paris, mai 2010.
- [7] W. Max, «La domination légale à direction administrative bureaucratique,» *Théories de l'organisation. Personnes, groupes, systèmes et environnement*, pp. pp. 23-32.
- [8] M. Suzanne, «La GRH dans la fonction publique,» chez *Chapitre 6 : Le dialogue social dans la fonction publique*, paris, La documentation Française, février 2010, p. 132.
- [9] «Secrétariat Général, Direction des Ressources Humaines du Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Territoriales,» l'Outre-mer, Bilan Social 2009, 2009, p. 178.
- [10] B.Barjou, *Faites le point sur votre employabilité*, Paris: Éditions d'Organisation, 1997.
- [11] C. EUROPÉENNE, «Méthodes de l'aide : lignes directrices, Gestion du Cycle de Projet,» OFFICE DE COOPÉRATION EUROPEAID, Bruxelles, 2004.

Use GIS to study the socio-economic impact on the physical environment in the eastern Aurès (Algeria)

Benmessaoud Hassen

Natural risks and territory management Laboratory,
Faculty of Science, University El Hadj Lakhdar, Batna, 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: We propose in this study to address the impact of socio-economic factors on the physical environment, especially their spatiotemporal dynamics in semi-arid and arid zone of Eastern Aurès. Including 11 towns, this study extend over a relatively large zone of about 60,000 ha. A temporal decline is quite large; it is determined by analyzing three dates of environmental variation spread over thirty years (between 1987 and 2007). Multi-source data acquired in this framework are integrated into a geographic information system (GIS). This allows among others to calculate index and classes of zones for each thematic layer of 4 layers previously defined by a method inspired MEDALUS project (Mediterranean Desertification and Land use) (Kosmas et al., 1999). The database created is composed of four layers of information (population, livestock farming and land use). This analysis in space and time has been supplemented by a validation on ground check. After, correcting the database that has been used to develop the synthesis map, with the calculation of the index of the socio-economic impact (IISC). Cartographic materials and information resulting does not only consist to evaluate the current situation, but could be used to forecast future trends.

KEYWORDS: Socio-economic impact, spatiotemporal dynamics, Physical Environment, GIS, Eastern Aurès.

1 INTRODUCTION

The history of human societies was marked by successive steps of occupation and use of the natural environment with ways that aggravated it and have accelerated over the past centuries and led to changes in increasingly intense (Quezel, 1980; Aidoud 1994; Brahimi, 2001 Cornet and al; 2002, Wu W, 2003).

The territory of our study zone includes different ecosystems that are traditionally made of livestock zone, pastoralism, forestry, and cultures (Abdessemed, 1984; Anser, 2002).

These characteristics of the physical environment are particularly those of occupation land witch give the zone an Agro-forestry-pastoral vocation. We Based on this vocation and the diversity of this zone from the North to the South and East to the West to study the socio-economic impact on the physical environment (Bensaid et al, 2003; Benbrahim et al, 2004), we use three statistical parameters: population, livestock, crop activity in database form using GIS (ROSELT / OSS, 2004; Bensaid, 2006).

Our interests came from the lack of socio-economic impact studies especially at the local level; it has encouraged us to approach this work.

Our approach is adopted from the MEDALLUS project (1999). It is mainly based on the study of the following parameters: Population, Livestock, cropping activity and land use.

Our study reached over half of the east side of the province of kenchela.

The study focused on two aspects:

- Temporal: Based on different periods (1987-1997-2007);
- Spatial: Considering 11 towns.

The work was performed using the software MapInfo7. The main goal is to get the socioeconomic impact map that allows us to provide answers on the main causes that led to the degradation of the physical environment and how to fight against this phenomenon.

2 PRESENTATION OF THE STUDY ZONE

The study zone has a diverse natural environment but also hostile, it has the higher altitude in Northern Algeria 2326m (Chélia) and the lowest altitude (-21m South Chott Melrhir) (Ballais 1975; Berkan and Yahiaou, 2007).

The landscape of the study zone includes different ecosystems that are traditionally made up of farming zones, pastoralism, forests and crops. These characteristics of the physical environment and especially those including the land use give the zone a vocation type of Agro-forestry-pastoral.

Due to its geographical position, the study zone has a powerful originality that allowed it to keep its town names from the Roman colonization. The importance of their localization and wealth of flora, fauna and their conservation are essential for its development. We chose the limits of our study zone because it has well-defined changes in the socio-economic impact from North to South perceptible through time.

The study zone is located in the North-East of Algeria, approximately the following geographical coordinates:

- 6 ° 70 'and 7 ° 18' East (longitude)
- 34 ° 86 'and 35 ° 34' North (latitude).

Our study zone is located east of the Aures and consisting of 11 towns: Khechela, Kais, Tawzianet, Elhamma, Tamza, Bohmmama, Yabous, Chélia, M'Sara, Ouldja, Kheirane and having an surface of 2,862 km². The study zone is a part of the Atlas chain. It occupies a large part of Northern Algeria and extends beyond its borders. It is bordered to the North by the chain of Tell and South by the Sahara shield (Schoenenberger A. 1971, MARD, 2003).

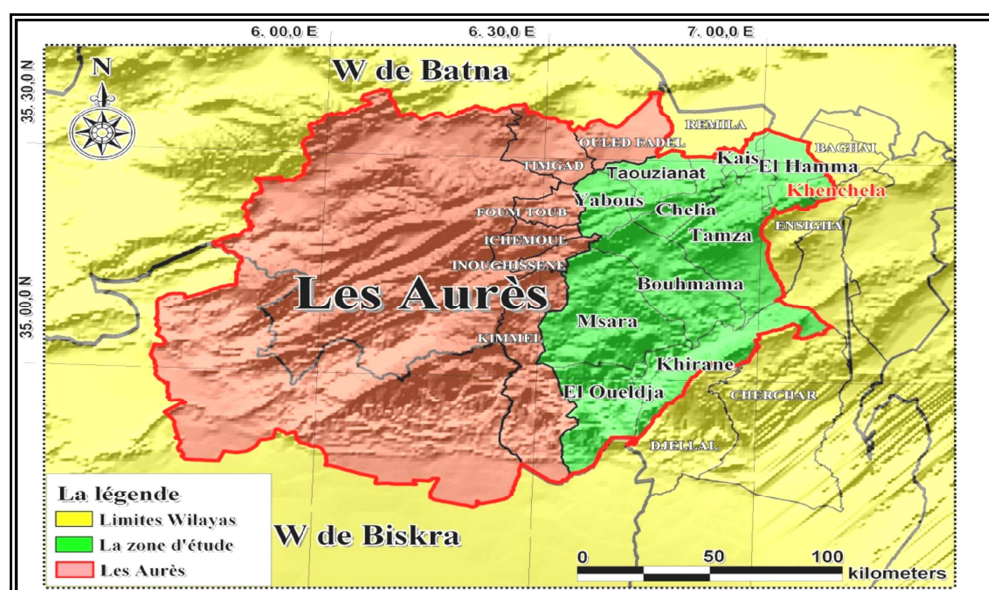


Fig. 1. Location map of the study zone

From a geomorphological point of view, the study zone has a very large surface which is characterized by mountainous relief; the main one is massif of the Aurès, which consists of a pleated structure. The location of the profiles on the map shows that the altitudes vary from North to South (Chélia towards Ouledja) and West to East (Yabous towards Tamza).

The soils are grouped into five classes from the most advanced class (brown soils) to the class of the most degraded soils (raw minerals). The soils of the region are not deep and may have rocks and crusting debris in surface and depth.

The study zone is characterized by a continental mountain climate that draws its originality from altitude which is responsible of the contrasting climatic conditions (an average temperature of 19.16 ° C, the average annual rainfall of

280.45mm), the region is under Saharan influences in its Southern part (the influence of sirocco) and in the Northern part of the rainy winds that involves spatial and temporal variations.

The socio-economic situation facing the study zone is currently characterized by diversity and extent of the difficulties in front of satisfaction of population's need.

This presentation of the study zone in its economic and social aspects as well as the appreciation of its potential certainly will shed light on the socio-economic situation (Cote, 2003; Directorate General of Forests, 2004).

This region, adding to its diversity of natural zones, is an Agro-Silvo-Pastoral vocation. This diversity, ranging from the Saharan zones to high cereal plains through the steppe rangelands and forested mountainous zone is an important natural potential and a significant advantage for the development of the region.

In addition, the potentialities of the region in soils, forest zones, water resources and perspective of livestock development in all its forms; are capable of a harmonious and balanced development of economic activity in the region. The study zone consists of three large natural areas;

- The high Northern plains.
- A mountainous region in the center (woodland to the west and degraded forest in the East).
- The steppe and Saharan region to the South.

The vocation of every physical region is closely related to the natural conditions that govern each of these zones such as relief and climate.

3 METHODS

Our approach to work is inspired by MEDALUS project (1999), it is based on the evaluation of various ecological factors, among these factors there are: soil, vegetation, climate, and socio-economic aspect. We chose the last factor to define the anthropogenic causes of the socio-economic impact in the physical environment (United Nations, 2005). These cases were divided into 4 thematic layers: populations, livestock, cropping activity, and land use.

3.1 DATA COLLECTION

The idea is to gather as much information. Indeed, the data collection is one of the most important points in database systems because of the file size and the degree of reliability that these systems must have. During this step, we collected numeric and alphanumeric data (population statistics, livestock ect), consulted basic documentation (theses, books and dissertations) and exanimate various cartographic materials (topographic maps, thematic maps and satellite images).

3.2 CREATING THEMATIC LAYERS

The collected data are classified in socio-economic layer, in our case the system is in the form of four socio-economic sub-layers as followings:

1. Population.
2. Livestock.
3. Crop activity.
4. Land use.

Our study is based on the qualification of the socio-economic impact where we compare their states in time (1987, 1997 and 2007) and in space (towns) with the help of index to obtain results more reliable, clear and as simple to analyze.

3.3 THE THEMATIC ANALYSIS

In this step we create attributes files related to the chosen themes, where for each region or unit (town) has its specific statistics.

These thematic maps allow the graphical representation and comparison of attribute data by illustrating the relationship between geographic elements and specific data.

3.4 STRUCTURING OF LAYERS OF INFORMATION AND DATA PROCESSING

It is defined by the data format (physical model), and the conceptual schema of data. It organizes data and describes the relationships between different data. It is to bring together information from a given geographical area, also to structure the information according to the recommendations built by the working group, as on both graphic and attribute level. This extraction step was supplemented by the provision of data layers in the most common used of GIS formats to make the information as accessible as possible.

A - POPULATION SUB-LAYER

For the realization of this layer we used data from different years (1987-1997-2007), these alphanumeric data are classified and coded with indications according to the effective of population and entered in three sub-layers of information where in each one match the years previously mentioned, then after the creation of the 3 sub-layers we combined it to obtain a single final layer of presence of populations in the study zone, which is classified as followings (Table 01, 02 and 03).

Table 1. Population presence index "1987"

Population presence index 1987	Description	Classes
1	Moderate	0 to 1
2	High	1 to 1.5
3	Very high	1.5 to 2

B- LIVESTOCK SUB-LAYER

In the same way as the previous layer, the data used are from different years (1987-1997-2007), that information is captured, classified and coded with indications according to the effective in order to obtain quality classes, in three sub layers, and then they are combines as well to get the final layer of the presence of livestock classified into 3 classes as follows (tables 50, 51, 52, 53 and 54):

Table 2. Presence livestock Index "1987"

Presence livestock index 1987	Description	Classes
1	Moderate	1 to 1.2
2	High	1.2 to 1.5
3	Very high	1.5 to 2

C- CROP ACTIVITIES SUB-LAYER

Despite the low yields of agricrop activity, it remains a priority speculation and has a social significance which could disturb the entire space management policy as it is usually planted there.

The data used to compile this layer set are the percentages of the surface of each crop (fallow, arboriculture... etc.) To the surface of the study zone, the data is distributed over three years (1987-1997-2007), and they are classified and coded with index to obtaining three sub-layers of information in each of the years mentioned above, then the three layers are merged and we obtained a final layer classified as followings (tables 55, 56, 57 and 58).

Table 3. Index of crop activity in 1987

Index of crop activity "1987"	Description	Classes
1	Zerol	0 to 1.00
2	Moderate	1.00 to 1.31
3	High	1.31 to 1.5
4	Very high	1.50 to 2.00

D- LAND USE SUB-LAYER

The zone of each topic of land use are derived from the land cover map of the zone developed by the classification of satellite image using remote sensing and corrected using the harvested zones according to the ONS. These surfaces are classified with respect to the total zone of the study zone and coded as quality index. The layer is classified as followings (Table 04).

Table 4. Quality index of land use

Quality Index of land use	Description	Classes
1	Good	0 to 1
2	Moderate	1 to 1.2
3	Poor	1.2 to 1.5
4	Very Poor	1.5 to 2

3.5 ELABORATION OF SYNTHETIC MAP

The objective of this step is to crossing of different layers previously created (population, livestock, cropping activities and land use) through the merge tool "Overlay", this step is set to overlay different layers of information in the MapInfo software and merge it by pairs. The first cross map that is relevant to make is for population and livestock layers, then the resulting map with the crop activity layer and finally the resulting map of three layers with the latest on of land use.

Once the final database completed, we must create a new field IIMS (Index of Socioeconomic Impact), which is calculated with the following query:

SQL formula: $IIMS = (Ipop * Ilives * Icrop * Ioccup)^{1/4}$

Finally, the geographical zones are classified into 5 classes of impact.

Table 5. The socio economic impact classes

IIMS	Description	Classes
1	Zerol	1 to 1.2
2	low	1.2 to 1.3
3	Medium	1.3 to 1.4
4	Strong	1.4 to 1.5
5	Very strong	1.5 to1.6

The informatics technology (IT) has emerged rapidly as a tool that can help us in managing the large volume of data base that we necessarily have to handle during a cartographic approach. Also the IT and database led us to better formalize our approach just from the data entry.

Second, the IT let to get rid of purely technical or repetitive tasks and provide assisted mapping methods. We can then focus on the scientific aspects of the mapping therefore search for the spatiotemporal relations and study the socio-economic impact.

4 RESULTS AND DISCUSSION

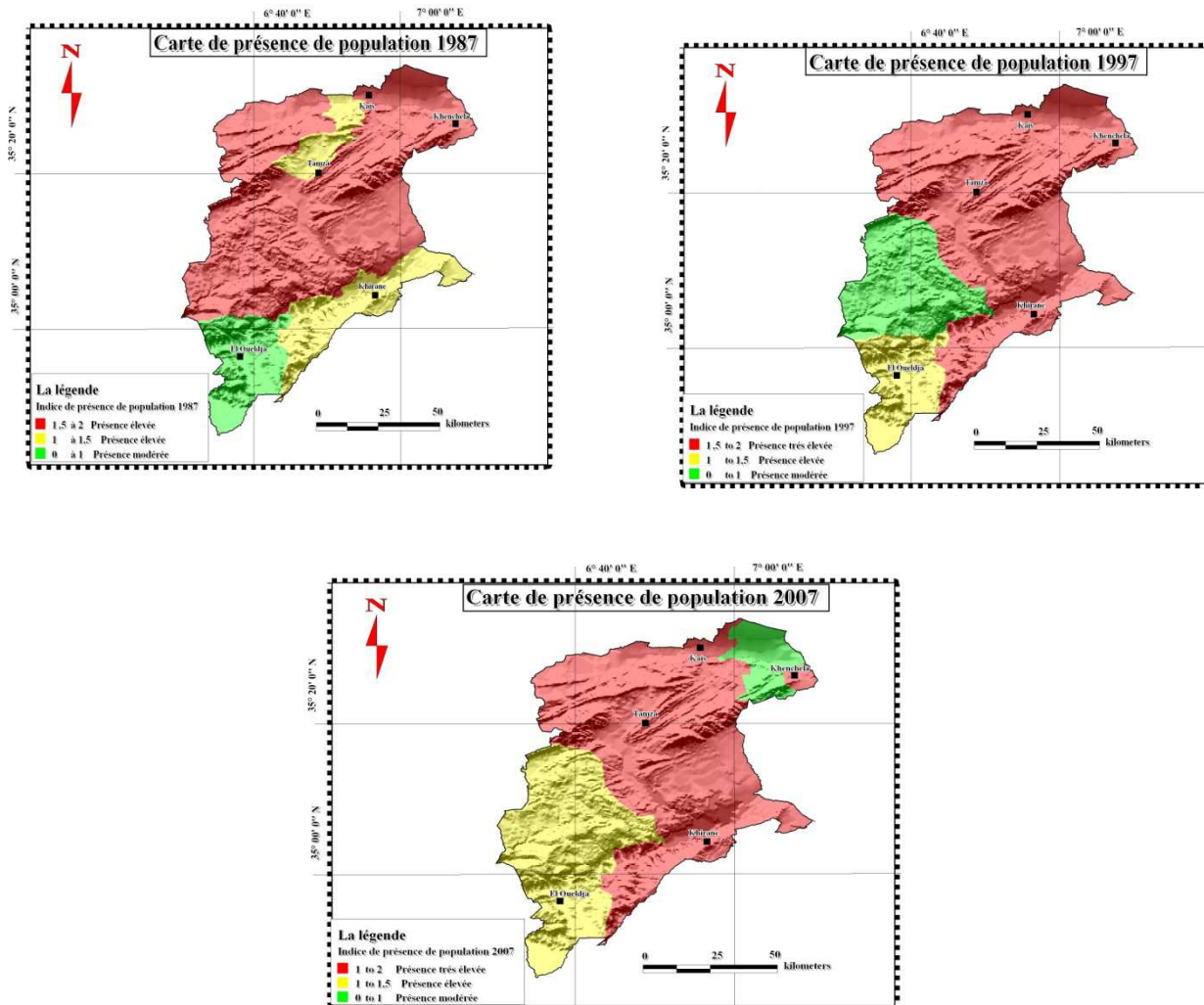
After collecting; management analysis, validation and shaping results, we performed a statistical analysis to produce maps that show the zones of the socioeconomic impact presence. Now we discuss the analysis of the results obtained by several maps.

4.1 ANALYSIS OF THEMATIC MAPS

4.1.1 ANALYSIS OF THE POPULATION PRESENCE MAP

For population, we conducted a simple SQL queries, and every time we run a query is to make an update the query result table until an update of the entire database.

4.1.1.1 IN TIME

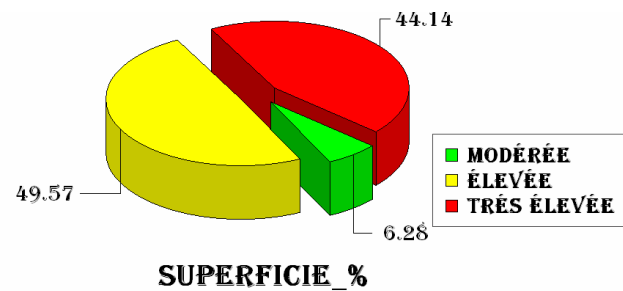


Maps (Figures 03, 04 and 05) and the index of the three years shows a chronological change of the presence of population from one year to another so that the percentage population presence index of the class (1.5 -2) which has very high description is decreased from 87 to 97 with a percentage of 2.29% and from 97 to 07 with a percentage of 36.31%.

This situation is explained by a significant exodus of the population in both periods due to development in the fields of infrastructure and the development of economic activity.

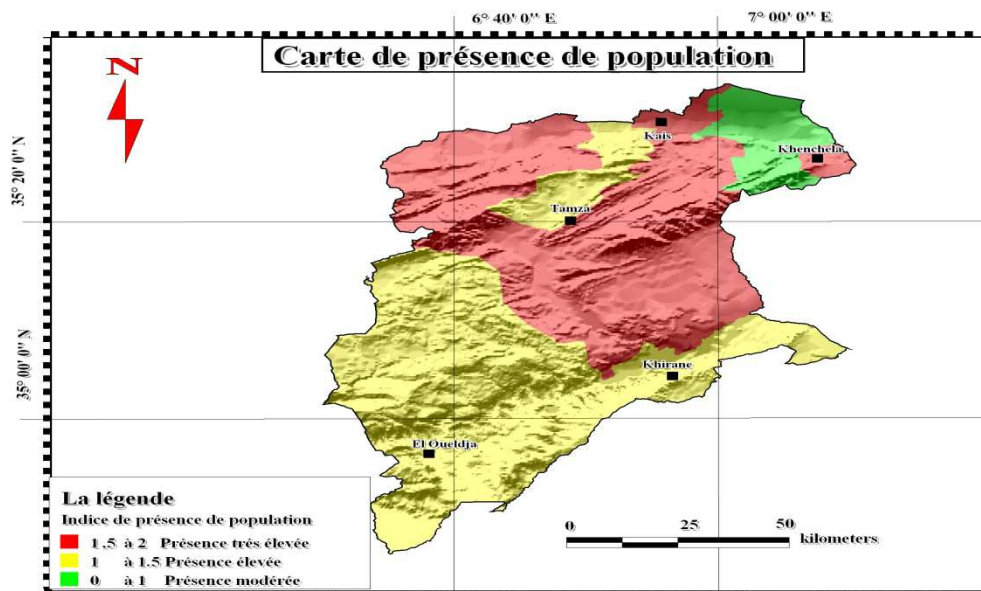
4.1.1.2 IN SPACE

Table 6. Presence population index



The first high category (class 1.2 to 2) occupies an area of 935,613 km² or 31.54% depending on the general map of population, we find that this category is common; Khenchela (capital of the province), Kais, Hamma...etc.

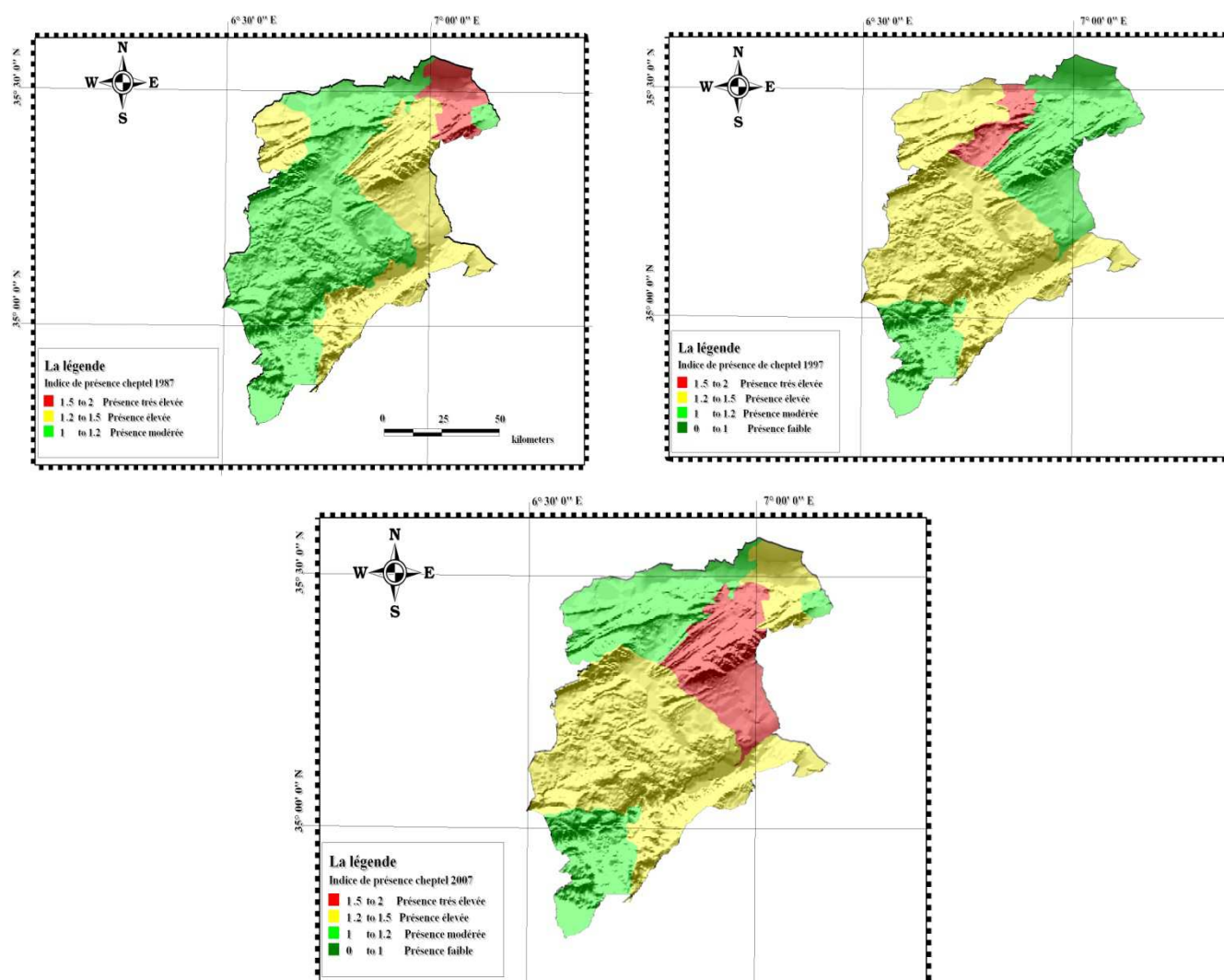
This is related to population dynamics to major urban zones seeking better living conditions.



4.1.2 ANALYSIS OF THE PRESENCE LIVESTOCK MAP

For this map, it performs simple SQL queries in the same way as the previous map that reveals the appearance of presence livestock index in our study zone.

4.1.2.1 IN TIME

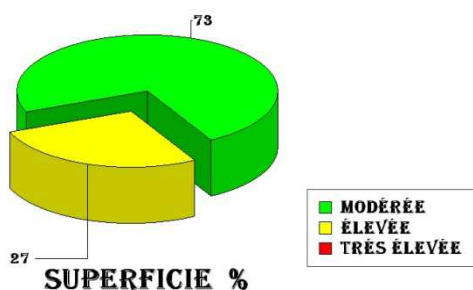


The moderate class (1 to 1.2) occupies the largest zone of 2780.35km² (64%) of the total zone in 1987 and the index increases with a zone of 1335.04km² (45%). Yet the very high class remains stable with no significant change. For the high class, there is a change of 18% from 87 to 97 and decreases by 9% between 97-07.

We can say that there is a change in the presence of livestock index probably with climatic conditions, social or economic.

4.1.2.2 IN SPACE

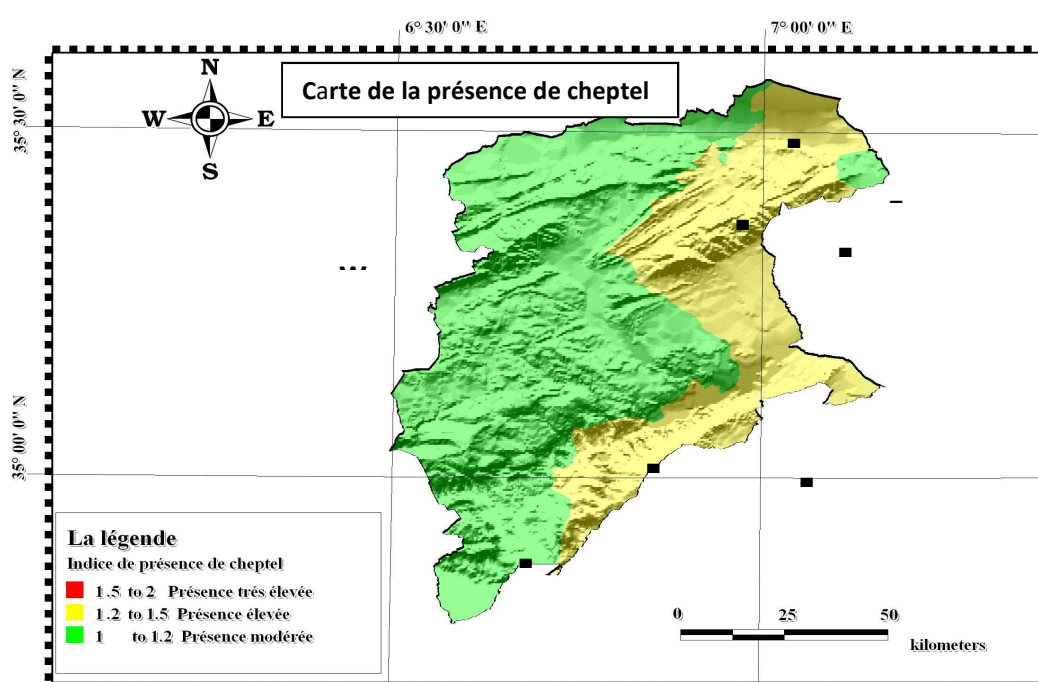
Table 7. General presence of stock index



The moderate class (1 to 1.2) covers the largest zone which is 2165.73km² (77.41%) of the total zone this class covers towns of the West (Msara). The high class is 801.02 km² (27%) relates to towns of East (Tamza) where the cereal plains, steppe and Alfa areas.

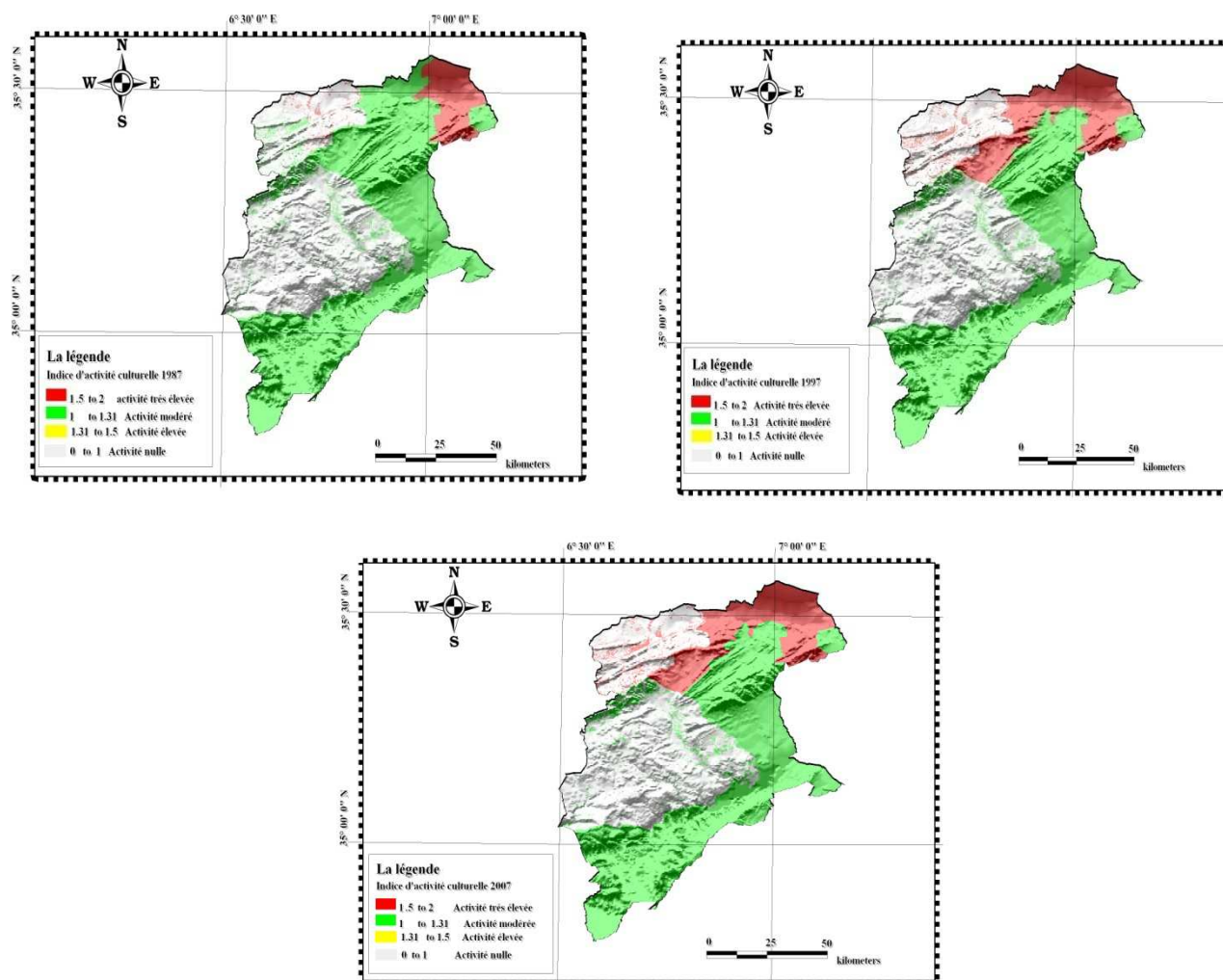
Olives	Description	Superficies (Km ²)	Superficies %
1 to 1.2	Moderate	2165.73	73
1.2 to 1.5	High	801.02	27
1.5 to 2	Very high	0	0

Indeed, the majority of stock breeders are stable on the land they use; each farm or group farm has transit routes and the usual range lands. The number of livestock in many cases remains subject to the shape of the farm and to their structure (families, practice cereals and available labor force). However, despite the extensive nature of the farming, it is subject to climatic conditions which constitute a serious constraint in the Southern part of the study zone.



4.1.3 ANALYSIS OF THE CROP ACTIVITY MAP

SQL simple queries used in this map, have led to different categories of crop activity that includes:



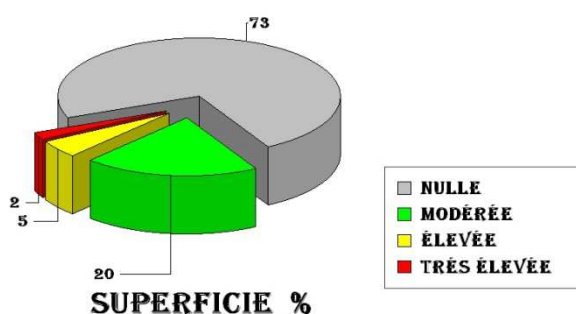
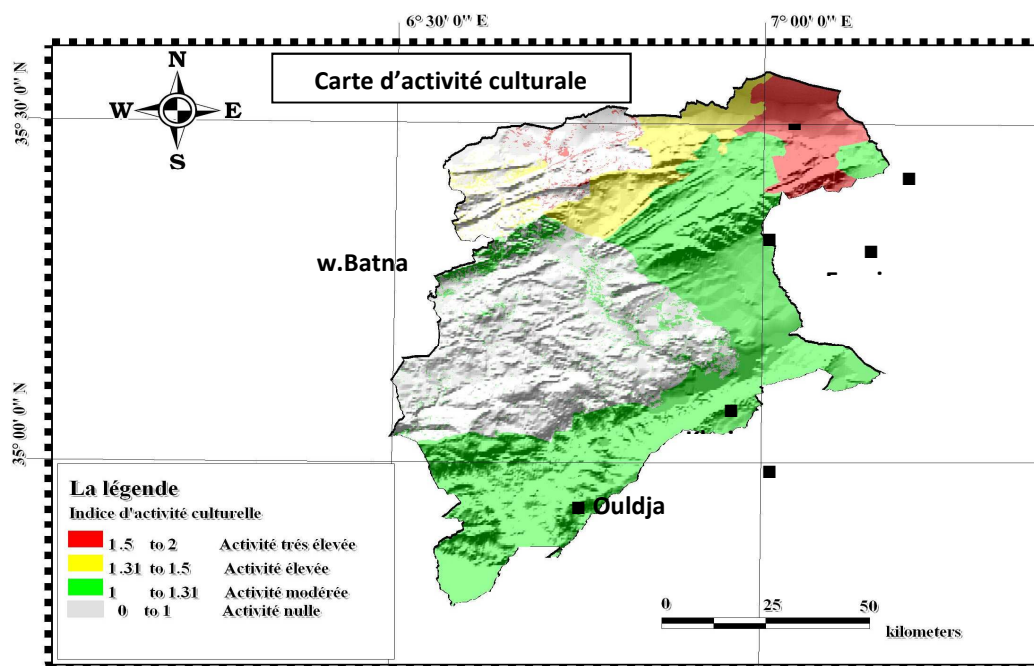
Changes in crop activity index during the three years shows that there has been a development; the class of very high index occupies in 1987 a 29.69 km² (3%) and an zone of 178 km² (6%) in 1997, the index recorded the same percentage in 2007 (6%); the same remark is recorded for moderate class changes from one year to another.

This change in cropping activity is because of the organization, yet highly modern agriculture; and the efforts and attempts to modernize the agriculture field.

4.1.3.1 IN SPACE

Table 8. Index of general crop activity

Icrop	Description	Superficies (Km ²)	Superficies %
0 to 1	Zerol	2165.73	73
1 to 1.31	Moderate	593.35	20
1.31 to 1.5	High	148.33	5
1.5 to 2	Very high	59.33	2



The very high activity class (1.5 to 2 occupies the small zone 59.33% 2%) of the total zone of the municipality concerned el-Hamma and Kais, and class of high activity (1.31 to 1.5) occupies the zone of Chelia, tawzianet, both categories occupies the Northern part of the high plain where the main activity is cereal combines with breeding livestock.

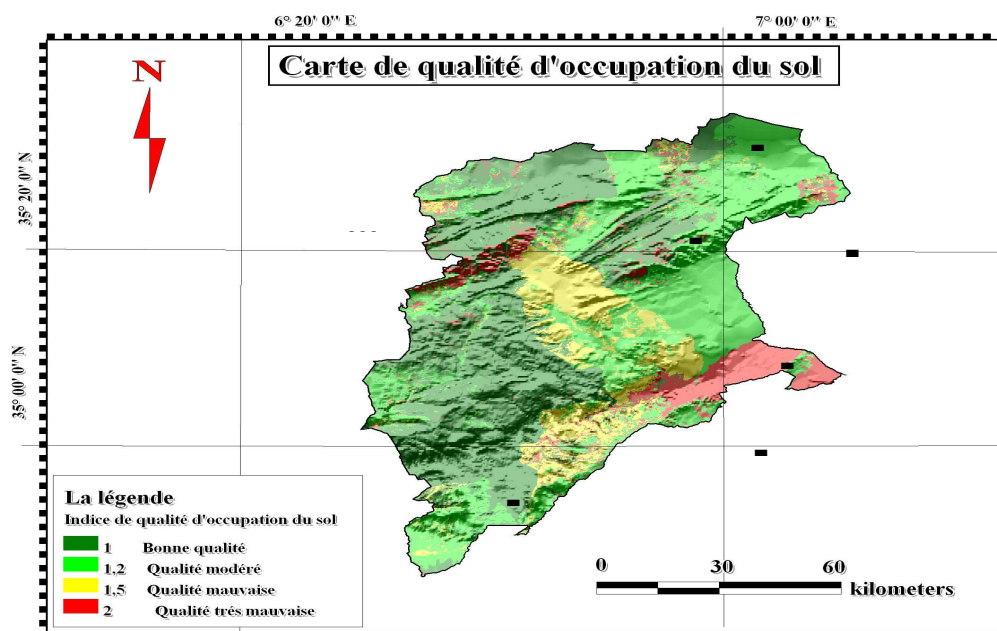
The moderate activity class represents 20% regard towns of the mountainous zones such as Tamza Chelia and Bouhmama and South towns' kheiran and oueldja. The zero activity class occupies a zone of 2165.73 km² (73%), relates to many towns like Bouhmama, msara and Yabous. We can explain recent changes with the fact that the mountainous zone is divided into two sub-zones; the sub-zone West with large areas of degraded forests of Oak, Aleppo pine and Cedar in addition to the practice of arboriculture mainly with rustic species, and Eastern part consists of the Mountains Nmemcha with degraded forests, cereal plains and large open areas (Steppe and Alfa). The Southern zone constitutes a major resource path for feeding livestock.

4.1.4 ANALYSIS OF QUALITY LAND USE MAP

For this map, we used the satellite image ALSAT1 2003 due to lack of data in 1987, 1997, 2007. We conducted simple SQL queries in the same way that previous maps that reveal index of the quality of the land use.

Table 9. Index of quality land use

Land use	Description	Superficies (Km ²)	Superficies %
0 to 1	Good	1519.908	51.23
1 to 1.2	Moderate	1034.68	34.87
1.2 to 1.5	Poor	411.827	13.88
1.5 to 2	Very Poor	0.350	0.01



With an area of 1519.908km² (51.23%) of the total surface, and a quality index from 0 to 1). Good quality class is distributed mainly in Kais, Taouzaint, Bouhmama, M'Sara and Tamza towns because these lands are characterized by soils rich in organic material and nutrients, and well structured. These lands are covered by patrimony forest, the most important in our study zone where rainfall is important

Moderate quality occupies an area of 1034.68 km² (34.87%) of the total zone with an index class (1 to 1.2), this class represents El-Hamma, Ouldja and Tamza because these zones composed with mountains of degraded forests, the cereal plains and large areas of steppes and Alfa and also because of the oasis system in the South.

The poor and the very poor quality occupy the smallest areas since these classes represent the Alfa lands and steppe rangelands (kheirane, Bouhmama and Ouldja). We can also say that the Southern towns are pre-deserted zone with poor soils in organic materials and risk the salinity.

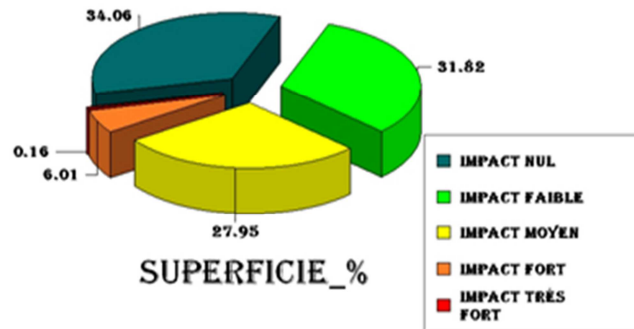
4.1.5 ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE SUMMARY MAP

The final map made from the combination of previous processed maps (which is the map of the socio-economic impact) allows us to understand and classify our study zone to the varied impact zones: from the hard impact zones to zones with no impact; this will help to recommend or propose solutions or improvements in management plans.

Analysis of the socio-economic impact map of the eastern part of Aures, its database and the various existing documents allows us to extract the main types of impacts.

Table 10. Index of socio-economic impact

IIMS	Description	Superficie (KM ²)	Superficie %
1 to 1.2	Zero	1010.48	34.06
1.2 to 1.3	Low	944.02	31.82
1.3 to 1.4	Moderate	829.21	27.95
1.4 to 1.5	Strong	178.30	6.01
1.5 to 1.6	Very strong	4.75	0.16



The zones of strong socio economic impact have the lowest superficies of 4.75 km² (0.16%) of the total surface with a class of impact index between 1.5 to 1.6, the location of this class of impact is spotted in North of the study zone, especially in Khenchela town. The population of the town grew from 71,185 inhabitants in 1987 to 105,436 inhabitants in 1997 to 128,081 inhabitants in 2007, an average annual growth rate of 3.11% is very high compared to the national average rate of 2.15%, and even agriculture employments are as low as the agriculture sector in the town of khenchela (capital of the province) and it is essentially replaced by the industry and other sectors.

The moderate impact occupies a large zone of 829.21km² (27.95%) of the total zone, with index of (1.3 to 1.4), this class occupies towns of El-Hamma Tamza, Kheiran, Bouhmama; it is localized mainly in the mountain zone represent the scrubs, degraded and healthy forests, Human pressure is expressed here especially grazing by goats. The main factors of impact are:

- Soil erosion (use of poor land)
- The use of forest land as territory for livestock.
- The high presence of livestock especially the sheep (El-Hamma)

The low and zero impact classes occupy the largest zone that is 944.02km² (31.82%) of the total surface zone for zero impact and 1010.48km² (34.06%) with a low impact class index (1.2 to 1.3) and zero impact (1 to 1.2). At the level of agriculture activity, production is represented mainly by vegetable and cereal crops associated with arboriculture. In addition, this class represents the surfaces characterized by the good quality of land use (forests).

5 CONCLUSION

Analysis of the results shows the importance of the study of the socio-economic impact in these regions mostly degraded. It is explained by the different impact classes obtained, more than 65.88% of the areas in the zone of study was classified low and zero respectively 944.02 and 1010.48km². However (6.17%) is ranked high and very high respectively with 178.80 and 4.75 km².

Presence of population map is dominated by the class of very high with a zone of 1309.59 km² and with an index from 1.5 to 2; however the presence of livestock map represents the zone of moderate category with an index between 1 and 1.2 with total of 1631.72 km².

For the crop activity map, the classes of moderate and zero quality with a surface of 593.35 and 2165.73 km² respectively and index range from 1 to 1.31 and 0 to 1.

Good quality class occupies the largest zone of land use map that is 1519.908 km² and an index between 0 to1.

At the end of this work, it can be concluded that the development of the socio-economic impact map of the Eastern zone of the Aures was used to make clear the major traits of impact repartition in the this zone. That will help us in the future to treat and take actions after an environmental degradation.

REFERENCES

- [1] Abdessemed K. 1984 : Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Première partie : La dégradation, ses origines et ses conséquences. Forêt méditerranéenne, T VI, N°1, 1984, PP 19-26.
- [2] Aidoud A. 1994 : Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Paralelo 37° 16 : 33-42.
- [3] Anser A. 2002 : L'Aurès Oriental : Un milieu en dégradation. Journal Algérienne des régions arides. Revue semestrielle N°01, Juin 2002. Ed : C.R.S.T.R.A Biskra (Algérie).
- [4] Ballais J.L. 1975 : Etude comparative des glacis des piémonts Nord et Sud des Aurès. Coll. Géom. Glacis, Tours, 1974.
- [5] Baumer M. 1987: Le rôle possible de l'agro-foresterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. Wageningen – Pays bas – Centre technique de coopération agricole et rurale. 260 p.
- [6] Benbrahim K.F. ; Ismaili M. ; Benbrahim S.F.; Tribak A., 2004 : Problème de dégradation de l'environnement par la désertification et de déforestation : impact du phénomène au Maroc, Revue de sécheresse, Vol.15, Numéro, 4, pp.307-320.
- [7] Bensaid A. ; Smahi Z. ; Iftene T. et Benzineh S. 2003 : Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide à la surveillance du risque de dégradation des parcours steppiques *Télédétection*, 2003, vol. 3, n° 5, p. 387–402.
- [8] Bensaid A. 2006 : SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de doctorat en géographie, Université Es.Senia, Oran -Algérie-.325p.
- [9] Berkane A. et Yahiaou A. 2007. L'érosion dans les Aurès, Sécheresse vol. 18, n° 3, juillet-août-septembre 200.
- [10] Brahimi Y., 2001 : Indicateurs d'impact et de mise en oeuvre des Programmes d'Action de Lutte contre la Désertification, Concepts et Expériences en Afrique, Asie et Amérique Latine, Rapport de suivi-évaluation pour la COP5, OSS / CILSS, 33 p.
- [11] Cornet A. ; Lhoste P. ; et Toutain B., 2002 : «Evaluation et durabilité des actions de LCD, Impacts environnementaux, sociaux et économiques », in *Lutte contre la désertification dans les projets de développement*, Jouve P., Corbier-Barthaux C., Cornet A. (Coord), CSFD/AFD, Montpellier, pp. 139-147.
- [12] Côte M. 2003 : Société d'étude et de recherche sur L'Aurès antique, revues annuelle N° 1 Paris. Page 100.
- [13] Direction Générale des Forêts. 2004 : Rapport national de l'Algérie sur la mise en oeuvre de la Convention de Lutte Contre la Désertification Septembre.
- [14] Floret C, LE Floche et Pontanier R. 1992 : Perturbation anthropiques et aridification en zones présahariennes. Actiques / ORSTOM. Ed, 1992.
- [15] M.A.D.R, 2003 : Projet de développement rural de la zone Aurès- Nememcha 'Batna- Khenchela-Tébessa'.
- [16] Millennium Ecosystem Assessment. 2005: Ecosystems and human well-being: Desertification Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.
- [17] Quezel P. (1980) : L'homme et les dégradations récentes des forêts au Maghreb et sur le proche – orient. Fondation Emberger, Montpellier. Colloque du 9 au 10 avril 1980.
- [18] Roselt /OSS, 2004 : Concepts, méthodes et mise en oeuvre du SIELROSELT/ OSS. Système d'Information sur l'Environnement to l'échelle Locale. Collection ROSELT/OSS - DS number 3. 69 p.
- [19] Schoenenberger A. 1971 : Étude du couvert forestier de l'Aurès oriental et inventaire des espèces pastorales du massif des Beni Imloul, Projet Algérie 15, A.D.F, Constantine, Algérie.
- [20] United NATIONS, 2005: Convention sur la lutte contre la désertification; évaluation de la dégradation des terres arides. ICCD/COP (7)/CST/8, 22 juillet 2005 – Nairobi.
- [21] WU W. 2003 : Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides - exemple de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest, Thèse de doctorat en géographie, Université Paris1, France.

Application de l'analyse en composantes principales à l'étude de la pollution nitrique des eaux souterraines de la zone littorale Sidi Abed-Ouled Ghanem (Province d'El Jadida, Maroc)

[Application of Principal Component Analysis to the study of nitrate pollution of groundwater of the littoral zone Sidi Abed-Ouled Ghanem (Province of El Jadida, Morocco)]

Sara Mountadar¹, Abdelkader Hayani¹, Abdelkader Younsi², and Soufiane Tahiri¹

¹Laboratoire de l'Eau et de l'Environnement (LEE), Faculté des Sciences d'El Jadida, Université Chouaïb Doukkali, B.P. 20, El Jadida 24000, Maroc

²Laboratoire de l'Eau et d'Hydrogéologie, Faculté des Sciences d'El Jadida, Université Chouaïb Doukkali, B.P. 20, El Jadida 24000, 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: In this work, we will study the nitrate pollution level in the groundwater of the coastal area between Sidi Abed and Ouled Ghanem (Province of El Jadida, Morocco). This area is characterized by the dominance of vegetable market gardening and cattle breeding. The aim of this study is to identify the main factors contributing in nitrate pollution. It was based on piezo-metric data, Lambert coordinate and the results of physicochemical analyzes of the water from 73 wells. The principal components analysis (PCA) was applied to all data collected. Firstly, the descriptive statistics shows that the well depth varies between 1 and 75 m with 16.5 m as average. Nitrate levels vary between 25.7 mg/l and 161.5 mg/l with 89 mg/l as average. Secondly, the results of the PCA revealed the impact of the depth, correlated with the geographic location, on the quality of 89% of the wells. However, 11% of the wells remain indifferent to this parameter. In this case, we can say that nitrate pollution is mainly due to the geological nature of the region allowing greater infiltration of nitrates.

KEYWORDS: Contamination, Hydrochemistry, Well, Nitrates, Statistical analysis.

RESUME: Dans ce travail, nous étudierons le niveau de la pollution nitrique des eaux souterraines de la zone littorale située entre Sidi Abed et Ouled Ghanem (Province d'El Jadida, Maroc). Cette zone est caractérisée par la dominance des cultures maraîchères et de l'élevage des bovins. L'objectif de cette étude est d'identifier les principaux facteurs contribuant à cette pollution nitrique. Elle s'est reposée sur les relevés piézométriques, les coordonnées de Lambert ainsi que les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de 73 puits. L'analyse des composantes principales (ACP) a été appliquée sur l'ensemble des données regroupées. Dans un premier temps, les statistiques descriptives ont montrés que la profondeur des puits varie entre 1 et 75 m, avec une moyenne de 16,5 m. Les teneurs en nitrates quant à elles varient entre 25,7 mg/l et 161,5 mg/l, avec une moyenne de 89 mg/l. En deuxième lieu, l'interprétation des résultats de l'ACP a révélé l'impact qu'a la profondeur, en corrélation avec la position géographique, sur la qualité des eaux de 89% des puits. Cependant, 11% des puits restent indifférent à ce paramètre. Dans ce cas, on peut dire que la pollution nitrique est essentiellement due à la nature géologique de la zone permettant une infiltration plus importante des nitrates.

MOTS-CLEFS: Contamination, Hydrochimie, Puits, Nitrates, Analyse statistique.

1 INTRODUCTION

La pollution des eaux souterraines est devenue une préoccupation grandissante partout au monde [1]. Très solubles dans l'eau, les nitrates sont une des principales causes de dégradation de la qualité des eaux souterraines et principalement des nappes phréatiques [2]. Les nitrates proviennent essentiellement de pollutions diffuses agricoles. L'essentiel de cette pollution est dû à la différence entre les apports en nitrates sous forme d'engrais et ce qui est réellement consommé par les plantes. Ces contaminants en excès sur les sols peuvent être entraînés par les pluies chaque année un peu plus en profondeur. Une grande concentration en nitrates dans les eaux peut avoir des effets significatifs sur la santé des humains ainsi que sur son environnement [3]. Par ailleurs, ils contribuent avec les phosphates à modifier l'équilibre biologique des eaux de surface en provoquant des phénomènes d'eutrophisation, voire de dystrophisation.

Au Maroc, l'évolution des activités agricoles a conduit à une utilisation excessive des engrais azotés ainsi qu'à un pompage croissant des eaux souterraines. Cette surexploitation affecte cette ressource en eau qui devient de moins en moins abondante et polluée. De nombreuses études ont été effectuées à ce sujet au Maroc visant l'évaluation de la qualité de ses nappes [4], [5], [6], [7], [8]. Pourtant, il semble que l'on ne doit pas s'arrêter à l'identification des polluants des eaux souterraines, mais chercher aussi à identifier les éléments contribuant à cette pollution.

Le but de cette étude est d'évaluer la teneur en nitrates des eaux de puits se trouvant sur la zone littorale située entre Sidi Abed et Ouled Ghanem (Province d'El Jadida, Maroc). Un diagnostic statistique de l'ensemble des données analytiques sera effectué en ayant recours à l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Cela permettra de mettre en évidence les causes majeures de la pollution des nappes phréatiques de la zone étudiée.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La région étudiée fait partie du bassin Sahel - Doukkala qui appartient à la Méséta du Maroc occidental, compris entre la latitude 33°50'N et 32°10' N et la longitude 8°60'W et 8°30'W. Le secteur étudié est délimité à l'Ouest et au Nord par l'Océan Atlantique, au Nord-est par la localité Sidi Abed et par Jamaat Oulad Ghanem au Sud-ouest. Elle s'étend sur une longueur de 30 km et une largeur de 4 km par rapport à la mer, soit une superficie de 120 km² environ.

Le climat de la zone est semi-aride avec un été chaud et sec (Mai - Novembre) et un hiver humide et tempéré (Novembre - Avril). Durant la période 2005-2010, la moyenne annuelle des précipitations dans la province d'El Jadida est de 401,62 mm. Les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre et Janvier alors que les mois Juin, Juillet et Août sont secs [9]. La Figure 1, présentant l'état de la qualité des ressources en eau au Maroc [10], montre que la qualité des eaux de la zone d'étude choisie est dégradée par rapport aux autres régions.

La géologie du Sahel fait partie de la grande unité géologique nommée Méséta Marocaine occidentale (Figure 2-a). Celle-ci comporte des séries sédimentaires sub-tubulaires d'âge mésozoïque et cénozoïque reposant sur des terrains paléozoïques plissés lors de l'orogénèse hercynienne [11], [12]. Du point de vue hydrogéologique, on dénombre deux unités dans la zone étudiée (Figure 2-b). L'unité 1 qui est composée d'une nappe située dans le crétacé supérieur, elle est alimentée à partir des infiltrations de surface. Elle se propage dans les marnes calcaire souvent karsifiées et fissurées. L'unité 2, située au sud d'El Jadida, est constituée d'une nappe perchée dans les calcarénites plio-quaternaire et dans les calcaires du crétacé inférieur [13], [14].

Les activités anthropiques sur la bande côtière sont caractérisées par une dominance de la culture maraîchère, surtout des primeurs, qui se fait en partie sous serre. Son irrigation se fait par pompage des eaux de la nappe phréatique. La pomme de terre et la tomate y sont les principales cultures. Par ailleurs, les oignons et les cucurbitacées sont cultivés en bour. On trouve aussi l'élevage qui se base principalement sur les bovins [9]. Toutes ces activités exigent de plus en plus d'eau, ce qui pousse les agriculteurs et les éleveurs à creuser d'avantage de puits où les pompages sont intensifs.

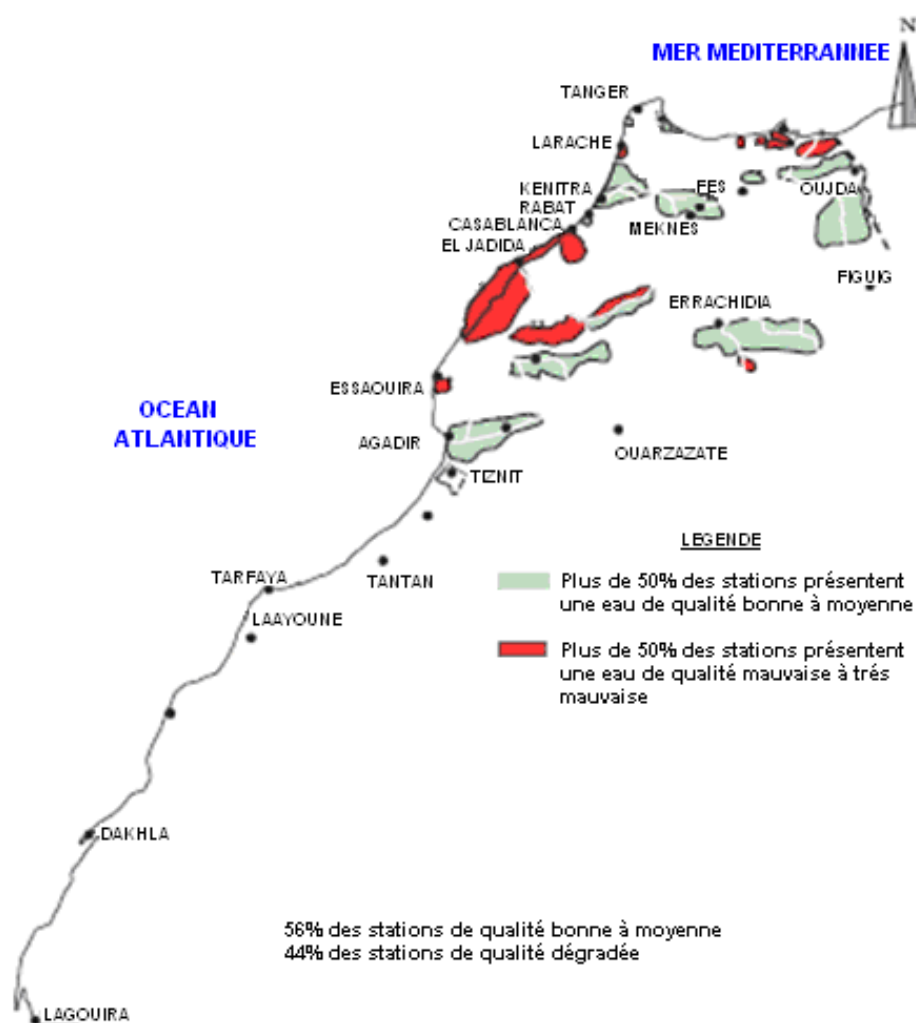


Fig. 1. Etat de la qualité des ressources en eau au Maroc [10]

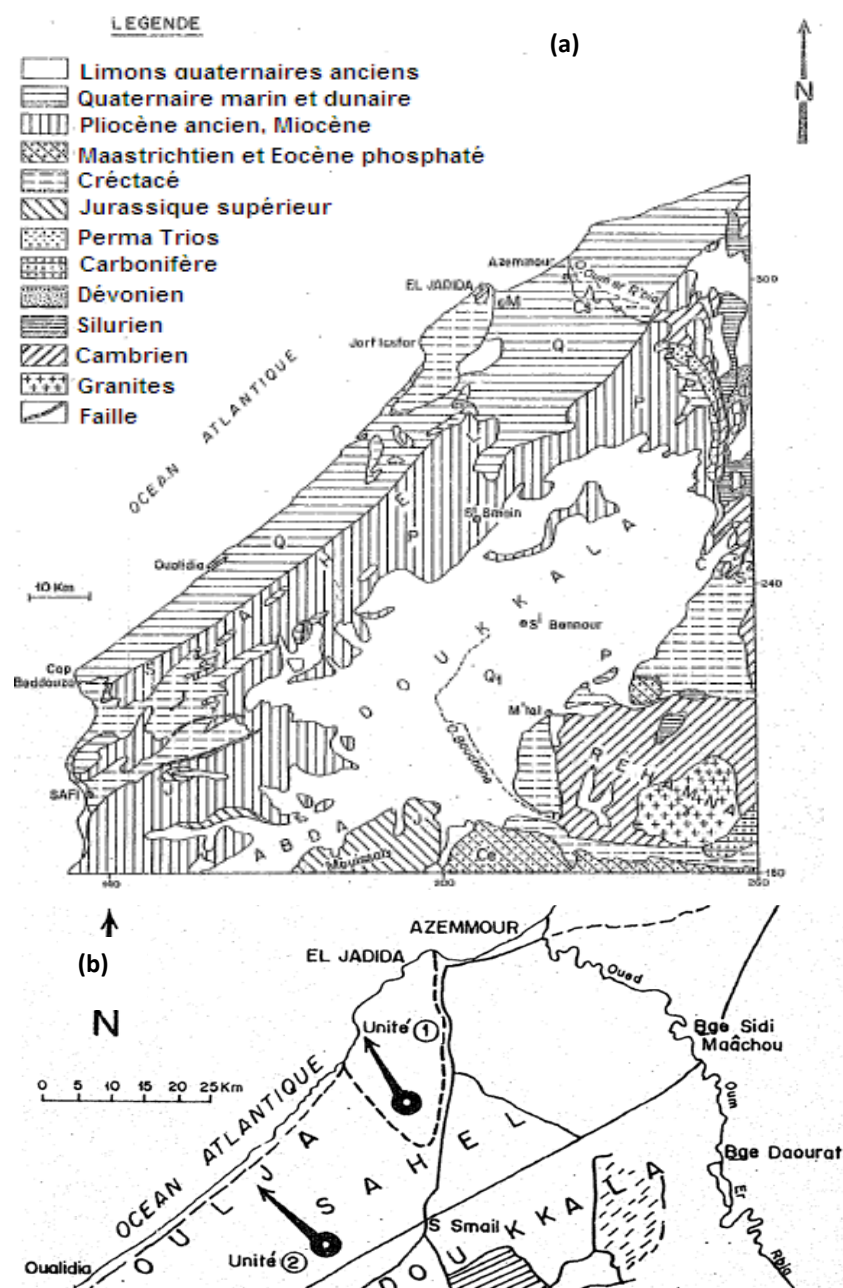


Fig. 2. (a) Carte Géologique de la Méséta occidentale d'après M. Gigout [11], modifié par M. Akil [15] ; (b) Carte schématique des principales unités hydrogéologiques de la zone d'étude [16]

2.2 METHODE D'ECHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE DES EAUX

L'étude piézométrique de la zone étudiée s'est basée sur un maillage de la zone en choisissant 73 puits à raison d'un à deux puits par km^2 . Ces puits sont bien répartis à l'échelle de toute la région d'étude, avec une densité relativement plus forte à proximité de la mer (Figure 3). Ces points d'eau ont fait l'objet de plusieurs campagnes périodiques de relevés piézométriques, pendant les années 2011, 2012 et 2013. Ces campagnes ont été effectuées pendant les périodes des hautes eaux (Mars- Avril) et des basses eaux (Août- Septembre), soit deux campagnes par an. A cet effet, un certain nombre d'appareils et de documents ont été utilisés à savoir : un Global Positioning System GPS (Garmin nuvi 2008), une sonde piézométrique (100 m de longueur) et des cartes topographiques 1/50 000°.

Quant à l'analyse physico-chimique, elle s'est basée sur des prélèvements effectués sur 73 puits. Plusieurs campagnes périodiques d'échantillonnage ont été réalisées de Septembre 2011 jusqu'à Décembre 2013, selon un temps de pas semestriel. Tous les échantillons des eaux souterraines ont été prélevés directement des puits choisis et pris dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 250 ml, remplis à refus et conservés à basse température dans une glacière in situ puis au réfrigérateur du laboratoire. Les ions NO_3^- ont été dosés par colorimétrie, selon la norme AFNOR NTF 906-012.

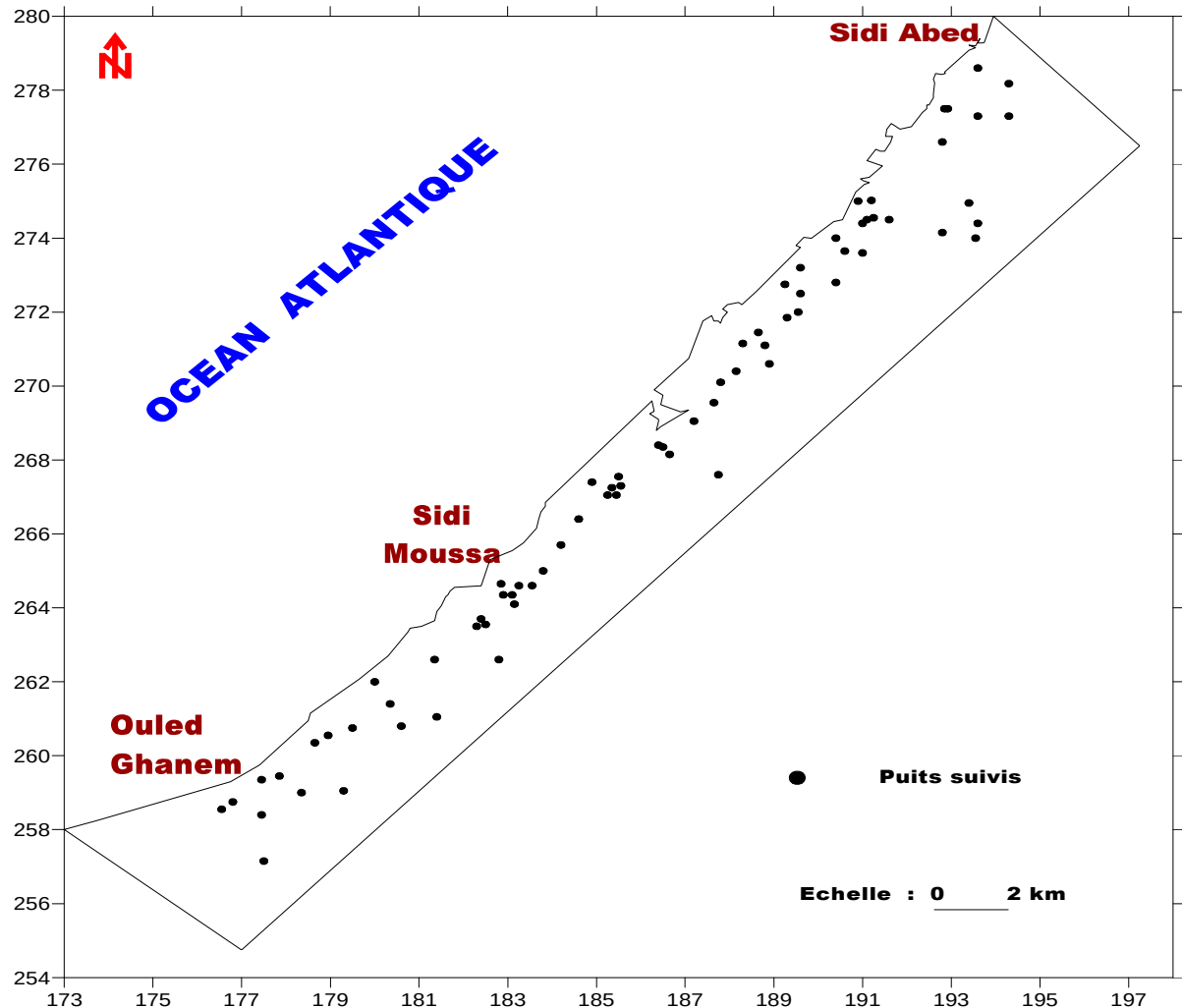


Fig. 3. Carte de distribution des puits de la zone d'étude.

2.3 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

Les résultats de l'analyse physico-chimique ainsi que de l'étude piézométrique ont été traités en utilisant l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette analyse fut introduite en 1901 par K. Pearson et développée par H. Hotelling en 1933 [17]. Elle a pour objectif de résumer de grands ensembles de données quantitatives. Ces données sont rangées dans un tableau comportant un grand nombre d'individus et/ou un grand nombre de variables et la simple lecture de ce tableau ne permet pas de saisir l'essentiel des informations qu'il contient. Cette analyse permet de synthétiser les données en construisant un petit nombre de variables nouvelles, les composantes principales. L'essentiel du tableau de données peut alors être saisi rapidement, à l'aide des représentations graphiques établies à partir de ces composantes principales [18]. L'ACP contient ici 73 descripteurs (puits) et 5 variables qui sont : les coordonnées de Lambert X et Y, l'altitude Z, la profondeur P et la quantité des ions NO_3^- . Elle a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT. Cette étude nous permettra de déceler les principales causes de la pollution des eaux souterraines par les nitrates.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les puits et les variables qui leur sont associées (coordonnées X et Y, altitude Z, profondeur et teneur en nitrates) sont rapportés dans le Tableau 1. Une première lecture des résultats de l'analyse en composantes principales ACP (Tableau 2) indique que la concentration moyenne en nitrates est d'environ 89 mg/l. Cette teneur atteint un maximum de 161,5 mg/l qui réfère au puits 24 possédant une faible profondeur et un minimum de 25,7 mg/l qui réfère au puits 69 possédant une grande profondeur. Ces données prouvent l'existence d'une pollution nitrique dans la zone côtière faisant l'objet de cette étude. D'après l'OMS, cette teneur ne doit pas dépasser 50 mg/l d'eau. Pourtant, on trouve que parmi les 73 puits suivis, seul huit puits ne dépassent pas cette norme, soit 11% des puits. Dans la région étudiée, seule les activités agricoles et l'élevage sont présents. Ils sont ainsi à l'origine de la pollution nitrique des eaux souterraines.

Cette analyse a permis par la suite d'extraire deux principaux facteurs, F1 et F2, dont le pourcentage cumulé de variance atteint 88.43% (Figure 4). Ces deux axes factoriels retenus pour cette analyse statistique permettront d'obtenir les informations recherchées. L'interprétation des résultats débute par l'analyse des cercles de corrélations. On remarque que Z et P sont liés positivement à l'axe F1, tandis que NO_3^- y est lié négativement (Figure 5). En termes de corrélation entre les variables, on a le coefficient de corrélation entre Z et P est positif alors que les coefficients entre Z et NO_3^- , et entre P et NO_3^- sont négatifs (Tableau 3). Ainsi, l'axe F1 oppose la quantité de NO_3^- présente dans les puits à leurs profondeurs. Dans ce qui suit, seule la relation entre les teneurs en nitrates et la profondeur sera mise en évidence. Ce choix est justifié par le fait que Z et P sont corrélés et donc les mêmes résultats d'analyse seront obtenus pour les deux variables.

En passant à l'analyse de la configuration des individus, on constate qu'il existe deux principales classes (Figure 6). La première classe est composée de deux groupes de puits. Le premier groupe se trouve à gauche de l'axe F1. Il se caractérise par une quantité élevée en NO_3^- et une profondeur inférieure à la moyenne. Le deuxième groupe quant à lui se trouve à droite de l'axe F1. Il se caractérise par une faible quantité en NO_3^- et une profondeur supérieure à la moyenne. On peut en conclure que cette classe nous démontre que plus les puits sont profonds plus leur pollution en NO_3^- diminue. Ainsi, la profondeur constitue un paramètre significatif de la pollution de 89% des puits suivis.

Tableau 1. Ensemble des données relatives à la position, l'altitude, la profondeur et la teneur en nitrates des puits de la zone d'étude.

Puits N°	X (Km)	Y (Km)	Z (Km)	P (m)	NO_3^- (mg/l)
1	193,6	278,6	20	10	120,25
2	193,4	274,95	64	50	90,75
3	193,55	274,08	70	45	105,5
4	193,6	274,4	70	45	75,75
5	192,8	274,15	73	56	57,5
6	191,6	274,5	20	12	130,5
7	191,01	274,4	15	6	125,75
8	190,9	275,04	15	4	133,25
9	191,1	274,5	18	6	112,25
10	191,25	274,55	18	6	91,75
11	192,85	277,5	30	10	83,75
12	192,92	277,5	40	35	91,5
13	193,6	277,3	50	35	105,5
14	194,3	277,3	54	33	95,75
15	194,3	278,18	60	45	65,75
16	192,8	276,6	40	10	102,25
17	191,2	275,02	30	10	120,75
18	190,4	274,03	20	8	110,5
19	189,6	273,2	21	10	104,5
20	190,6	273,65	7	10	90,75
21	191,04	273,61	50	5	131,5
22	190,4	272,8	40	5	125,5
23	189,25	272,75	15	12	110,75
24	189,6	272,5	6	3	161,5
25	189,55	272,02	30	3	66,75
27	188,65	271,45	7	3	64,75

Puits N°	X (Km)	Y (Km)	Z (Km)	P (m)	NO_3^- (mg/l)
28	188,8	271,1	10	10	61,5
29	188,9	270,6	30	20	70,23
30	188,3	271,15	6	4	81,75
31	188,15	270,4	15	4	51,5
32	187,8	270,1	15	10	44,5
33	187,65	269,55	20	12	59,75
34	187,2	269,05	25	12	87,75
35	186,4	268,4	10	7	86,75
36	186,5	268,35	23	15	82,25
37	186,65	268,15	30	20	83,75
38	187,75	267,6	10	11	90,5
39	185,5	267,55	7	8	109,75
40	185,55	267,3	22	15	75,75
41	185,35	267,25	7	10	66,5
42	184,9	267,4	3	5	125,5
43	185,25	267,05	7	10	84,75
44	185,45	267,05	25	20	62,75
45	184,6	266,4	5	7	72,75
46	184,2	265,7	6	8	78,5
47	183,8	265,01	7	6	110,5
48	183,15	264,1	70	45	33,5
49	182,85	264,65	3	1	78,75
50	183,25	264,6	5	2	89
51	183,55	264,6	15	10	72,25
52	182,9	264,35	5	8	95,25
53	183,1	264,35	10	5	105,5

Puits N°	X (Km)	Y (Km)	Z (Km)	P (m)	NO_3^- (mg/l)
54	182,5	263,55	10	7	89,25
55	182,4	263,7	3	5	95,75
56	182,3	263,5	5	5	84
57	182,8	262,6	90	75	38,75
58	181,35	262,6	5	4	95,5
59	181,4	261,05	70	54	26,25
60	180,01	262,01	4	5	110,75
61	180,6	260,8	85	71	30,25
62	180,35	261,4	20	14	88,5
63	179,5	260,75	10	6	107,75
64	178,95	260,55	7	6	115,25
65	179,3	259,05	70	54	28,75
66	178,65	260,35	5	6	155,5
67	177,85	259,45	4	3	114,5
68	178,35	259,01	32	22	31,5
69	177,5	257,15	77	62	25,75
70	177,45	259,35	3	4	135,5
71	176,8	258,75	10	9	120,25
72	176,55	258,55	5	6	110,75
73	177,45	258,4	30	25	83,5

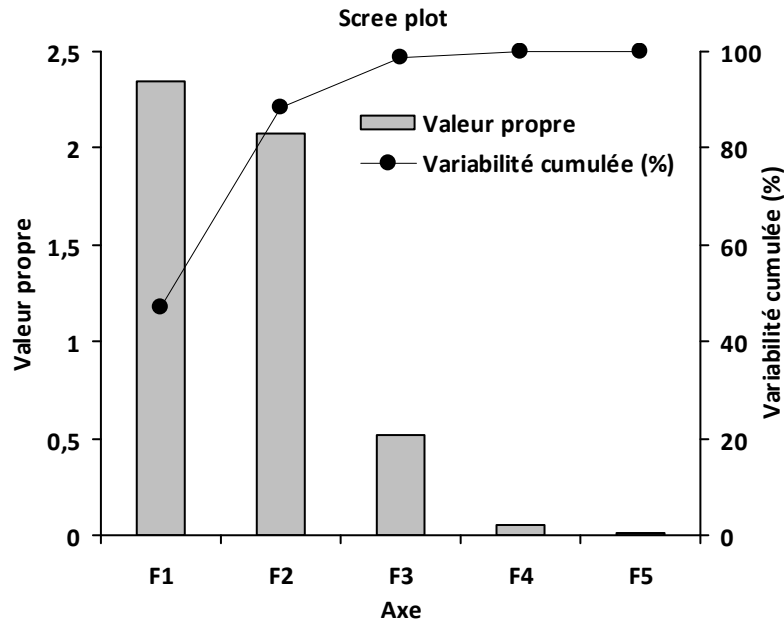


Fig. 4. Valeurs propres et variabilité cumulée (%).

Pourtant, la deuxième classe contredit cette conclusion. Cette dernière est constituée de huit puits ayant de grandes quantités en NO_3^- quoique leurs profondeurs est supérieure à la moyenne. En se référant à la carte représentant l'emplacement de ces puits, on constate qu'ils se situent tous dans une même zone. D'après les données hydrogéologiques citées auparavant, ces puits se trouvent dans l'unité 1 possédant des caractéristiques hydrogéologiques différentes de l'unité 2 où se trouve le reste des puits étudiés. D'après une étude antérieure [19] dans l'unité 1, les eaux circulent dans les calcaires marneux du Cénomanien. L'aquifère cénomanien est formé par une alternance de niveaux calcaires et de niveaux marneux formant un système aquifère multicouche. De plus, les calcaires cénomaniens présentent une karstification importante et profonde avec de nombreuses structures typiques qui favorisent une recharge saisonnière importante par infiltration rapide des eaux de pluie. Cette particularité que possède cette zone facilite la lixiviation des nitrates issus des apports excessifs en engrais azotés et des eaux d'irrigation utilisés pour les cultures pratiquées dans la région.

Tableau 2. Statistiques descriptives.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
X (Km)	73	0	73	176,550	194,300	186,202	5,161
Y (Km)	73	0	73	257,150	278,600	268,230	6,009
Z (Km)	73	0	73	3,000	90,000	25,055	23,655
P (m)	73	0	73	1,000	75,000	16,548	18,049
NO_3^- (mg/l)	73	0	73	25,750	161,500	88,986	30,155

Tableau 3. Matrice de corrélation (pearson n)

Variables	X (Km)	Y(Km)	Z(Km)	P(m)	NO_3^- (mg/l)
X (Km)	1	0,988	0,228	0,044	0,146
Y (Km)	0,988	1	0,143	-0,045	0,223
Z (Km)	0,228	0,143	1	0,925	-0,485
P (m)	0,044	-0,045	0,925	1	-0,572
NO_3^- (mg/l)	0,146	0,223	-0,485	-0,572	1

Quant à l'axe F2, il est lié positivement aux coordonnées X et Y et aux teneurs en nitrates. On constate donc qu'il y a un lien direct entre les coordonnées des puits et leur pollution en NO_3^- . En effet le logiciel SURFER a permis d'observer que plus

on s'éloigne de la mer plus la profondeur des puits augmente (Figure 7). L'analyse faite précédemment a montré que pour 89% des puits, plus la profondeur augmente plus la pollution diminue. Dès lors, plus on s'éloigne de la mer plus la pollution en NO_3^- diminue. Cette remarque semble évidente quand on a recours à la carte d'iso-nitrates obtenue à l'aide du logiciel SURFER (Figure 8). Il en ressort également que la pollution n'est pas uniforme sur toute la zone. En effet l'unité géologique 1 présente une distribution spatiale en nitrates différente de l'unité géologique 2 et ceci est en accord avec les résultats obtenus par l'ACP. Ainsi pour chaque classe identifiée par l'ACP on devra avoir une évolution différente des teneurs en nitrates en fonction de la profondeur. La Figure 9 montre que la vitesse d'infiltration des nitrates est plus importante pour les puits de la classe 2 et ceci est en accord avec la nature géologique de l'unité 1 où l'infiltration est plus facile. En effet, les résultats montrent qu'à égal profondeur les teneurs en nitrates des eaux souterraines de la classe 2 sont plus importantes comparativement à la classe 1. Par conséquent les deux unités géologiques considérées n'ont pas la même perméabilité et ceci est en accord avec leurs caractéristiques hydrogéologiques.

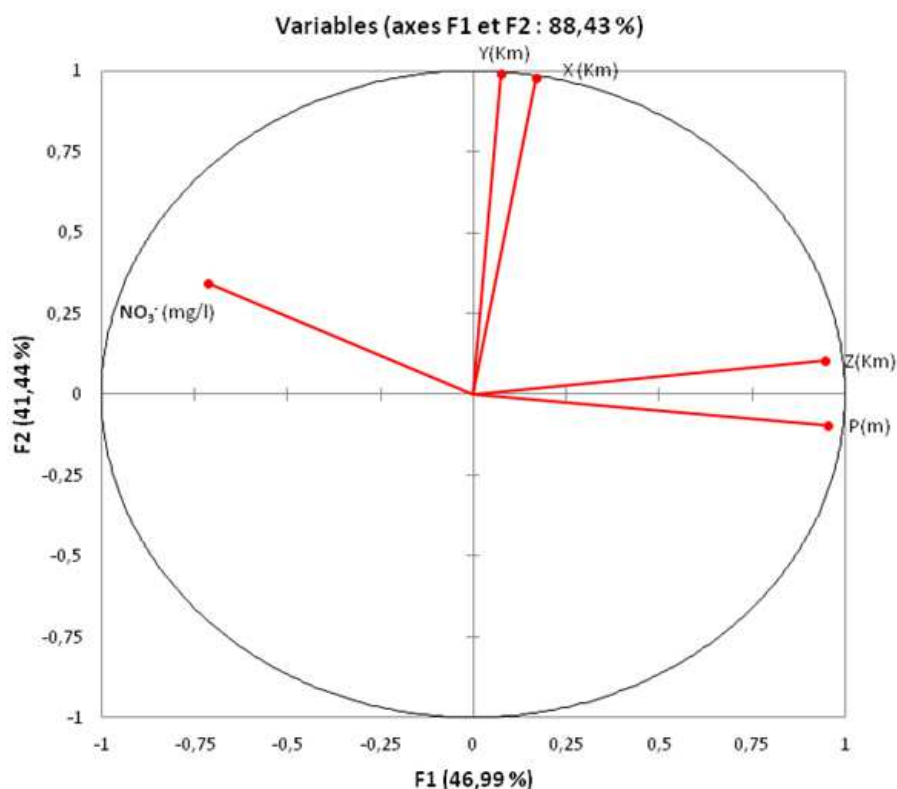


Fig. 5. Cercle de corrélation d'axes F1 et F2.

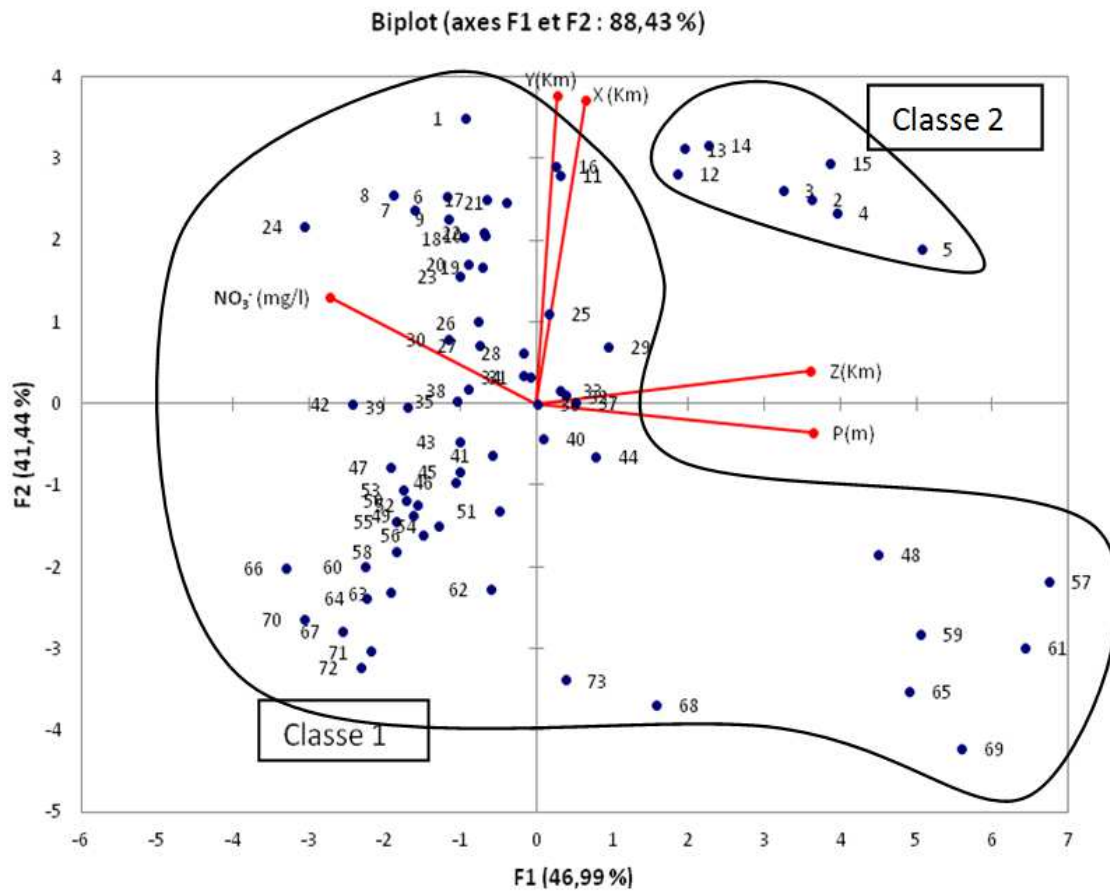


Fig. 6. Représentation des individus (axes F1 et F2)

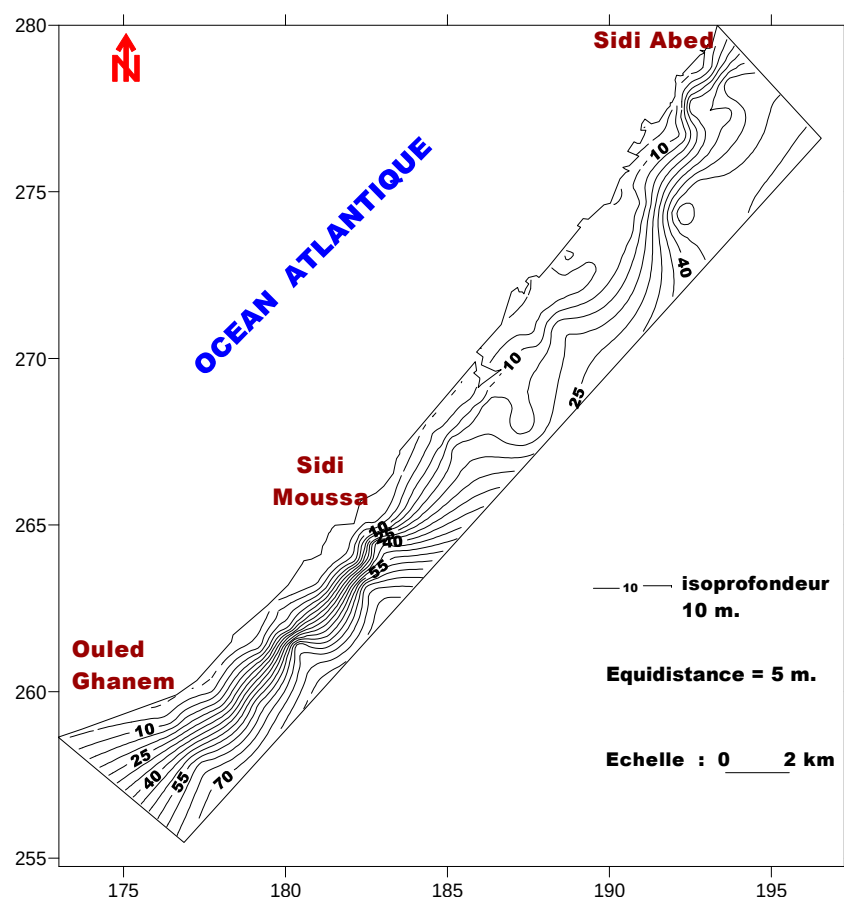


Fig. 7. Carte de distribution spatiale de la profondeur des eaux souterraines de la région Sidi Abed- Ouled Ghanem.

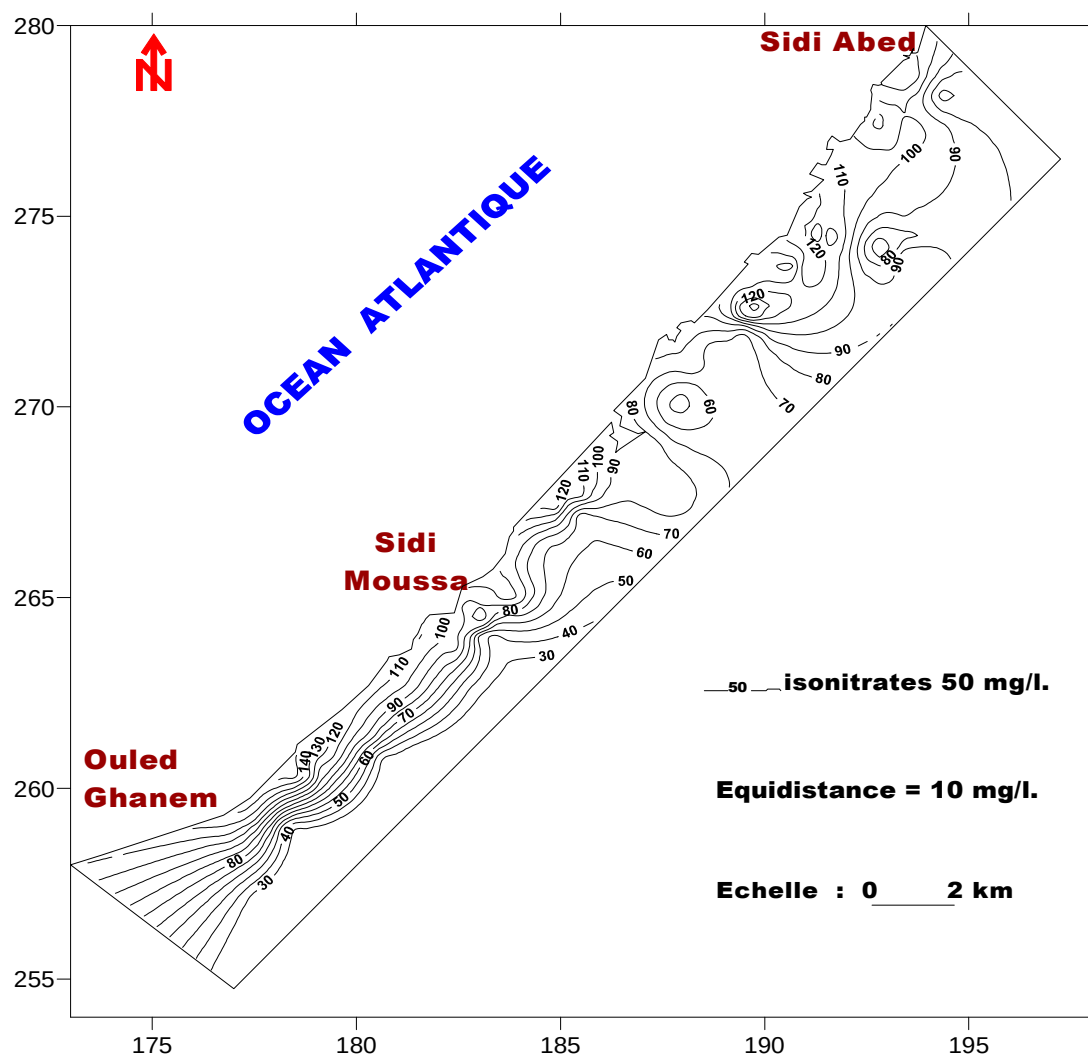


Fig. 8. Carte de distribution spatiale des nitrates dans les eaux souterraines de la zone d'étude.

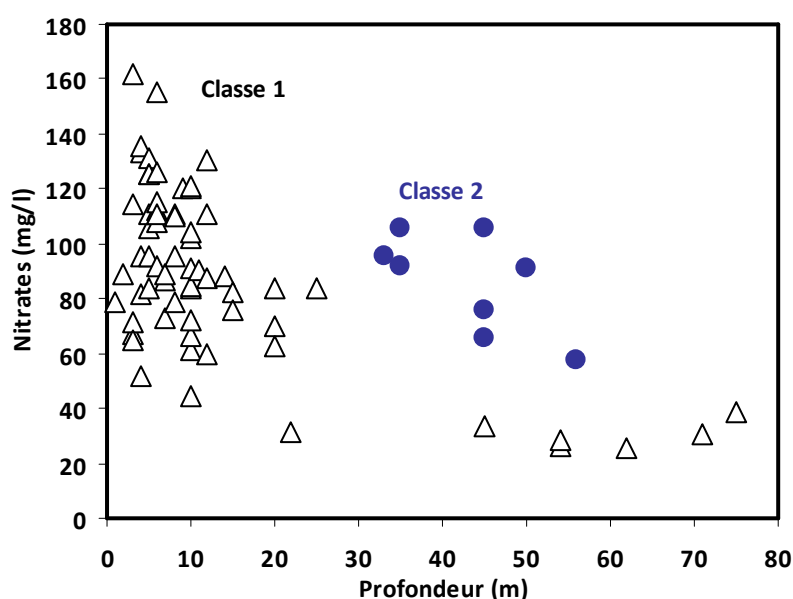


Fig. 9. Evolution des teneurs en nitrates en fonction des profondeurs des puits (Classes 1 et 2)

4 CONCLUSION

La caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la zone littorale située entre Sidi Abed et Ouled Ghanem a mis en évidence une pollution nitrique. Les résultats obtenus ont révélé une concentration moyenne en nitrates d'environ 89 mg/l. Parmi les 73 puits étudiés, seul huit puits ne dépassent pas la norme fixée par l'OMS, soit 11% des puits mis à l'étude.

Les données relatives à la zone d'étude ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales ACP pour la mise en évidence des éventuelles corrélations entre les différents paramètres et la classification des 73 puits en groupes selon le degré de contamination en nitrates. L'interprétation des résultats de l'analyse ACP a mis en évidence l'impact qu'a la profondeur, en corrélation avec la position géographique, sur la qualité des eaux de 89% des puits. 11% des puits restent indifférent à ce paramètre puisque la pollution nitrique dans ce cas est essentiellement due à la nature géologique de la zone permettant une infiltration plus importante des nitrates.

Le diagnostic de l'état des lieux, des eaux souterraines de la zone littorale située entre Sidi Abed et Ouled Ghanem, montre la nécessité de la prise des mesures préventives urgentes pour le développement des stratégies ayant pour buts principaux, d'une part, la limitation de la vitesse de contamination des ressources en eaux par les nitrates et, d'autre part, la mise en place des unités pour l'épuration des eaux souterraines.

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé avec le soutien du programme de la bourse d'excellence de recherche attribuée par le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique CNRST - Maroc.

REFERENCES

- [1] Canter L.W., *Nitrates in Groundwater*, New York: CRC Press, 1996.
- [2] Keeney D.R., "Sources of nitrate to ground water", *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, vol. 16, pp. 257-304, 1986.
- [3] Nollet L.M.L. and De Gelder L.S.P., *Handbook of water analysis*, New York: CRC Press, 2000.
- [4] I.I. Alami, M. Zerouali, M. Addou, A. Mokhtari and A. Soulaymani, "Evaluation de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb (M'nasra) au Maroc entre 1993 et 2003", *Afrique Science*, vol. 03, no. 3, pp. 378-390, 2007.

- [5] N. Aghzar, H. Berdai, A. Bellouti and B. Soudi, "Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc)", *Revue des sciences de l'eau*, vol. 15, no. 2, pp. 459-492, 2002.
- [6] N. Laftouhi, M. Vanclooster, M. Jalal, O. Witam, M. Aboufirassi, M. Bahir, and E. Persoons, "Groundwater nitrate pollution in the Essaouira Bassin (Morocco)", *Comptes Rendus Géoscience*, vol. 335, pp. 307-317, 2003.
- [7] Z. Saâdi, A. Maslouhi, M. Zérouali and J. P. Gaudet, "Analyse et modélisation des variations saisonnières des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines de la nappe Mnasra, Maroc", *Sciences de la terre et des planètes*, vol. 329, pp. 579-585, 1999.
- [8] D. Smahi, O. El Hammoumi and A. Fekri, "Assessment of the Impact of the Landfill on Groundwater Quality: A Case Study of the Mediouna Site, Casablanca, Morocco", *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 5, pp. 440-445, 2013.
- [9] Annuaire statistique régional Doukkala-Abda, 2012.
[Online] Available : http://www.hcp.ma/region-drda/Telechargements_r6.html
- [10] Secrétariat d'Etat auprès de ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et de l'environnement, département de l'eau, Rapport : Etat de la qualité des ressources en eau au Maroc, 2007-2008.
[Online] Available : <http://www.water.gov.ma/userfiles/file/depliant%20français.pdf>
- [11] M. Gigout, "Etude géologique sur la méséta Marocaine occidentale", 1951.
- [12] Ouadia, M., Les formations plio-quaternaire dans le domaine mésétien occidental du Maroc, 1998.
- [13] K. Aboumaria, Les formations quaternaires du Sahel des Doukkala (Méséta occidentale marocaine) : mise en place et évolution post-sédimentaire, Université Mohammed V, Faculté des sciences, Rabat, 1993.
- [14] A. Chtaini, Etude hydrogéologique du Sahel des Doukkala (Maroc). Applied geology. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, French, 1987.
- [15] M. Akkil, "Les dépôts quaternaires littoraux entre Casablanca et Cap Beddouza (Méséta cotière marocaine)- Etude morphologiques et sédimentologique". Thèse doc. ES. Sc., fac. Sci., Rabat, 415p, 1990.
- [16] M. Ferre, Notice explicative de la carte géologique de la Méséta entre Settât et Mazagan (Doukkala et Chaouia occidentale). Not. Mém. Serv-géol., Maroc, 1965.
- [17] E. Cahuzac and C. Bontemps, *Stata par la pratique : statistiques, graphiques et éléments de programmation*. Stata Press, 2008.
- [18] Casin Ph., *Analyse des données et des panels de données*, De Boeck, 1999.
- [19] El Achhab A., Etude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine des Doukkala, 1993.
- [20] E.K. Ahoussi, N. Soro, A.M. Kouassi, G. Soro, Y.B. Koffi and S.P. Zade, "Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude de l'origine des métaux lourds (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} et Pb^{2+}) dans les eaux des nappes phréatiques de la ville d'Abidjan", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.4, no.5 , pp. 1753-1765, 2010.
- [21] H.F. Pop, J.W. Einax and C. Sârbu, "Classical and fuzzy principal component analysis of some environmental samples concerning the pollution with heavy metals" *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 97, pp. 25-32, 2009.
- [22] J.P. Faillat, "Origine des nitrates dans les nappes de fissures de la zone tropicale humide- Exemple de la Côte d'Ivoire", *Journal of Hydrology*, vol. 113, pp. 231-264, 1990.
- [23] R. L. Olsen, R. W. Chappel and J. C. Loftis, "Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis- literature review and Illinois River watershed case study", *Water research*, vol.46, pp. 3110-3122, 2012.
- [24] A. Dupuy, R. Moumtaz and O. Banton, "Contamination nitrée des eaux souterraines d'un bassin versant agricole hétérogène 2. Evolution des concentrations dans la nappe", *Revue des sciences de l'eau*, vol. 10, pp. 185-198, 1997.

Les facteurs liés aux patients hospitalisés favorisant l'infection nosocomiale

[The factors related to the patients hospitalized favoured nosocomial infections]

Yassine Chaib¹, Anas ELanssari¹, Mahjoub Aouane², Samir Hamama³, Nabila Oujar³, Khalid Chakhtoura⁴, Abdelkader Chibani⁴, Marieme Nehir², and Abdelmajid Soulaymani¹

¹Laboratoire de Génétique et Biométrie,
Faculté des sciences, université ibn tofail, PO Box 133, Kenitra 1400, Maroc

²Laboratoire de biotechnologie, environnement et qualité,
Faculté des sciences, université ibn tofail, PO Box 133, Kenitra 1400, Maroc

³Hôpital regional el idrissi,
PO Box 223, Kenitra 1400, Maroc

⁴Laboratoire de nutrition et santé,
Faculté des sciences, université ibn tofail, PO Box 133, Kenitra 1400, 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: Nosocomial infections are considered as a major cause of mortality and morbidity to hospitalized patients. Whose causes are often related to therapeutic procedures, the practice of nursing, material (equipment) available to professionals and users, behavior and habits of patients during hospitalization as well as hospital hygiene measures adopted by the establishment, and their consequences are often serious with a financial, social and psychological impact (the extension of the hospitalization stay, socio-economic repercussion on both the patient and the healthcare establishment and the deterioration of the health state of the hospitalized...).

This study aims to explore the factors inducing the IN-concerning the patients at the Hospital El Idrissi of Kenitra using a methodology based on a survey including questionnaires addressed to patients hospitalized in the various departments and units care at the hospital El Idrissi Kenitra among a sample of 250 participants.

In addition, this work has highlighted a set of risk factors inducing the IN-regarding the patient at the Hospital El Idrissi Kenitra namely:

a) cultural and socioeconomic factors, b) factors related to the behavior and habits of patients c) institutional factors.

The main results of this study revealed that 54% of surveyed patients not attending school; 61% of patients are from rural rather than from; 54% of participants claim that they use self-medication of antibiotics; given that 70% of patients admitted to use personal objects and materials of another patient; while 66% of patients do not wash their hands with soap after each passage to the bathroom; although 91% of respondents consume cooked meal outside of the hospital; however 62% of patients have attested that caregivers do not wash their hands between patients; Indeed, 66% admitted that caregivers did not change gloves between patients.

These results were supported by the absence in training and information for patients about the IN and their severity; consequently 77% of participants do not know what are called infections acquired in hospital; At the time that 94% feel badly informed about the wide extent of IN; 45% of participants believe that patients can only be achieved by the IN.

Regarding the most disturbing elements during hospitalization only 12% indicated that they are much more concerned by the risk of infection. As a result 83% of participants recognized that they are not informed by responsables and caregivers if they are affected by IN.

The prevention and control of infectious risks are essential to ensure the quality and safety of care, that's why we must promote the necessary precautions and measures regarding good hygiene practices, training and information of all actors in the health field.

KEYWORDS: Factors, nosocomial infection, hygiene measures, care quality and safety, Hospital El Idrissi Kenitra.

RESUME: Les infections nosocomiales sont considérées comme une principale cause de mortalité et de morbidité chez les patients hospitalisés. Dont les causes sont liées souvent aux procédures thérapeutiques, la pratique des soignants, les moyens mis à la disposition des professionnels et des usagers, les comportements et les habitudes des patients durant l'hospitalisation ainsi que les mesures d'hygiène hospitalières adoptées par l'établissement, et leurs conséquences sont souvent grave avec un impact financier, social et psychologique(la prolongation de la durée d'hospitalisation, le retentissement socioéconomique sur le patient et l'établissement de santé et la dégradation de l'état de santé de l'hospitalisé...).

La présente étude a pour but l'exploration des facteurs induisant les IN liés au patient au niveau de l'Hôpital El Idrissi de Kénitra en utilisant une méthodologie basée sur une enquête articulant sur des questionnaires adressés aux patients hospitalisés au niveau des différents services et unités de soins à l'hôpital El Idrissi de Kénitra selon un échantillon de 250 participants.

En outre, le présent travail a mis en valeur un ensemble de facteurs de risque induisant les IN liés aux patients hospitalisés au niveau de l'Hôpital El Idrissi de Kénitra à savoir :

a) facteurs culturels et socioéconomiques, b) facteurs liés aux comportements et habitudes des patients et c) facteurs institutionnels.

Les résultats les plus saillants de la présente étude ont dévoilé que 54% des patients enquêtés non scolarisés ; 61% des patients sont issus de provenance rurale au lieu que ; 54% des participants affirment avoir recours à l'automédication des antibiotiques ; étant donné que 70% de patients ont avoué avoir utilisé les objets et matériels personnel d'un autre patient ; tandis que 66% de patients ne lavent pas leurs mains au savon après chaque passage au toilette ; bien que 91% des enquêtés consomment des repas cuisiné en dehors de l'hôpital; en revanche 62% des patients ont attestés que les soignants ne lavent pas leurs mains entre les patients; en effet 66% ont reconnu que le personnel soignant ne change pas de gants entre les patients.

Ces résultats ont été confortés par l'absence en matière de formation et information des patients sur les IN et leur gravité ; par conséquence 77% des participants ne savent pas comment on appelle les infections contractées à l'hôpital; Au moment que 94% se sentent mal informé sur l'ampleur des IN ; 45% des participants pensent que seulement les malades peuvent être atteints par les IN.

Concernant les éléments les plus inquiétants pendant l'hospitalisation 12% seulement ont indiqués que le risque d'infection les préoccupe beaucoup plus. Par suite 83% des participants ont reconnu qu'ils ne seront pas informés par les responsables et le personnel soignant s'ils sont atteints par une IN.

La prévention et le contrôle des risques infectieux sont primordiaux pour assurer la qualité et la sécurité des soins, pour cela il faut promouvoir des précautions et des mesures indispensables concernant les bonnes pratiques d'hygiène, la formation et l'information de tous les intervenants dans le domaine de santé.

MOTS-CLEFS: Facteurs, infection nosocomiale, mesures d'hygiène, qualité et sécurité de soins, Hôpital El Idrissi Kénitra.

1 INTRODUCTION

Les infections nosocomiales (IN) sont connues dans le monde entier et touchent des différentes structures hospitalières tout âge confondu, ces infections demeurent un problème majeur malgré les avancées scientifiques et techniques dans le domaine de santé, elles peuvent avoir un impact direct sur l'augmentation de la mortalité et la morbidité, une prolongation de l'hospitalisation ainsi que des complications socioéconomiques importantes.

Les IN sont considérées comme un indicateur de qualité des prestations de soins offertes au citoyen poussant ainsi les établissements de santé à améliorer la qualité de leur service. Pour cela ces établissements de santé doivent adopter des mesures de prévention et d'hygiène hospitalière afin d'éviter les risques d'infection et de contamination dans le milieu de soins octroyant ainsi un milieu sain aux patients, professionnels de santé et entourage.

Les infections sont dites nosocomiales lorsqu'elles sont acquises pendant un séjour hospitalier et qu'elles n'étaient pas présentes ni en incubation au moment de l'admission à l'hôpital. Pour être reconnue comme étant de nature nosocomiale, une infection doit répondre à certains critères :

- Sa déclaration doit se produire après plus de 48 heures de l'arrivée en milieu hospitalier ou encore se déclarer après un délai supérieur à la période d'incubation de cette infection, lorsque celle-ci est connue.
- Pour les infections du site opératoire, sont reconnues nosocomiales les infections survenues dans les 30 jours suivant l'intervention.
- S'il y a mise en place d'une prothèse ou d'un implant, une infection peut être reconnue nosocomiale quand elle survient dans l'année qui suit l'intervention.¹

Les infections nosocomiales provoquent des complications remarquables sur l'état de santé des individus causant des séquelles souvent considérables à moyen et long termes, notamment au niveau fonctionnel. Ces infections augmentent la morbidité, la mortalité et les coûts ainsi que la gravité de l'impact psychologique et social sur les patients atteints.

Selon l'organisation mondiale de la santé, plus de 1,4 millions de personnes dans le monde souffrent de complications infectieuses induites par les soins. Ces infections sont parmi les principales causes de mortalité des patients, tout âge confondu, notamment pour les plus vulnérables d'entre eux. Dans les pays développés, comme les États-Unis, un patient sur 136 contracte une infection à l'hôpital le rendant gravement malade. Cela équivaut à 2 millions de cas par an provoquant environ 80 000 décès. En Angleterre, les infections liées aux soins sont la cause de 5 000 décès par an.²

En revanche au Maroc, on enregistre un retard dans la prise de conscience de l'importance de la surveillance et la prévention des IN ainsi que leur gravité et impact sur les établissements de santé de même que la population. Au niveau national une seule enquête de prévalence réalisée en 1994, dont les résultats ont révélé une prévalence de 5 % au niveau des hôpitaux provinciaux, 10 % au niveau des hôpitaux régionaux, et atteint 11% au niveau des structures hospitalières nationales³.

Les IN peuvent être liées aux pratiques des prestations de soins, l'organisation des activités à l'hôpital, les gestes effectués par le personnel soignant, le matériel utilisé, l'environnement hospitalier et les interventions invasives que le patient subit.

En outre, les facteurs de risque liés au patient peuvent être des éléments importants influençant l'atteinte par une IN ou bien favorisant la contamination. Le traitement que le patient reçoit peut être lui-même un facteur de risque d'infection (nécessité d'une transfusion, une sonde urinaire, une nutrition parentérale, une ventilation artificielle ou la prise de certains médicaments, notamment d'immunosuppresseurs), la présence d'une immunodépression, un mauvais état général du patient (malnutrition, l'obésité, alcoolisme, tabagisme, maladie chronique comme le diabète, la pneumopathie ou l'hypertension artérielle....), l'âge avancé, ou une pathologie menaçant le pronostic vital.

L'éclosion d'une infection nosocomiale est d'abord favorisée par l'état du malade. Elle dépend de son âge et de sa pathologie : sont particulièrement à risque les personnes âgées, les immunodéprimés, les nouveau-nés, en particulier les prématurés, les polytraumatisés et les grands brûlés, de certains traitements : les antibiotiques qui déséquilibrent la flore intestinale et occasionnent la résistance des bactéries, les traitements immunosuppresseurs, la réalisation d'actes invasifs nécessaires au traitement : sondage urinaire, pose d'un cathéter, ventilation artificielle et intervention chirurgicale.¹

En raison de leur nature, ces infections ont des causes multiples liées aux procédures et aux systèmes mis en œuvre pour dispenser les soins et aux comportements humains et éducation, pourtant ces infections pourraient être évitées, le défi mondial a souligné dans ces lignes directrices que l'organisation de la lutte constitue la mesure de base à appliquer pour réduire l'incidence de ces infections et que l'observance de cette mesure constitue un gage de réussite pour toute action de lutte.²

De ce fait et suite au rôle important que joue la prévention et la surveillance des IN afin de maîtriser et minimiser les facteurs de risque infectieux, pour l'amélioration de la qualité des soins ainsi que le renforcement de la sécurité des patients, il serait intéressant de se pencher sur les facteurs liés facteurs culturels et socioéconomiques, facteurs liés aux comportements et habitudes des patients, facteurs institutionnels et l'état des patients hospitalisés dans les unités de soins au niveau du CHR (Centre hospitalier Régional) de Kenitra.

2 MÉTHODOLOGIE

La présente étude vise à explorer et décrire les facteurs liés aux patients hospitalisés favorisant l'atteinte par des infections nosocomiales au niveau des unités de soins de l'hôpital El Idrissi de Kenitra.

3 MILIEU D'ÉTUDE

Cette recherche est menée au niveau de l'hôpital El Idrissi ; un hôpital régional, érigé en Service d'Etat Géré de Manière Autonome (S.E.G.M.A.) depuis 1994. Il a une vocation régionale et dessert la population de la région Gharb Chrarda Beni Hsen qui est estimée à 1.901.301 habitants. Implanter à la ville de Kenitra « chef-lieu de la région » sur une superficie de 6,5 hectares dont 1,5 hectare construit avec une structure pavillonnaire verticale. Il a ouvert ses portes en 1933 puis rénové en 1980 et connu une extension en 1998. Sa capacité litière est de 416 lits répartis sur 25 services comportant 12 spécialités médicales, 11 spécialités chirurgicales et 04 spécialités médico-techniques⁴.

Le lieu de la présente étude est constitué par l'ensemble des unités de soins assurant l'hébergement des personnes hospitalisées, qui sont au nombre de 10 unités (cardiologie, médecine, pneumo-phtisiologie, pédiatrie/prématurée, chirurgie, orl/ophtalmo, réanimation, traumatologie, maternité, chirurgie pédiatrique) et qui assurent par le biais de son personnel le signalement des IN.

L'effectif global du personnel de l'hôpital El Idrissi est de 488, dont 274 infirmiers, 122 médecins (87 spécialistes) et 92 personnels administratifs et de soutien⁵.

Le choix de cette structure est justifié par : a) sa vocation régionale b) effectif important du personnel c) la capacité litière importante d) le nombre et la diversité considérable de services hospitalier et (e) la présence d'un CLIN opérationnel. En outre, la faisabilité de l'étude, et la culture de recherche insuffisamment développée dans cet hôpital justifient le choix de cet établissement.

4 POPULATION À L'ÉTUDE

La population cible de l'étude correspond à l'ensemble des patients hospitalisés dans les différents services et unités de soins au niveau de l'hôpital El Idrissi de Kenitra.

De ce fait et pour pouvoir identifier les facteurs liés aux patients hospitalisés ; favorisant l'atteinte par des infections nosocomiales, tous les patients hospitalisés aux services et unités de soins ont été inclus dans cette étude, à l'exception de ceux en observation au niveau du service des urgences, et à l'unité de la réanimation, étant donné qu'ils ne sont pas impliqués. Ainsi, La réalisation de notre étude ne peut pas couvrir l'ensemble de la population cible représenté par la capacité litière de 416 lits de l'hôpital EL Idrissi. Par conséquent, nous allons travailler sur un échantillon bien déterminé et représentatif de cette population. Cet échantillon est déterminé par un procédé d'échantillonnage fixé à $n = 250$.

4.1 CRITÈRES D'INCLUSION

Tous les patients hospitalisés au niveau des unités de soins assurant l'hospitalisation.

4.2 CRITÈRES D'EXCLUSION

Les patients des unités de soins qui n'assurent pas l'hospitalisation et qui ne peuvent pas répondre à notre enquête à savoir ; les patients des unités suivantes (la réanimation, la pédiatrie, la médecine de travail, le service de rééducation, les services d'imagerie, le laboratoire d'analyses médicales, service des urgences).

5 METHODES DE COLLECTE DES DONNEES

Dans le but de procéder à la collecte des données nécessaires auprès de la population retenue par l'échantillonnage, il a été préconisé par les auteurs d'utiliser un questionnaire adressé aux patients hospitalisés permettant de recueillir les informations nécessaires pour monter une synthèse répondant aux objectifs précédemment déterminés.

L'enquête par un questionnaire est un outil d'observation qui permet de quantifier et comparer l'information. Cette information est collectée auprès d'un échantillon représentatif de la population visée par l'évaluation.

Notre enquête combine deux formes de questions : Des questions fermées utilisés pour obtenir des renseignements factuels, juger d'un accord ou non avec une proposition, connaître la position du répondant concernant une gamme de jugements et des questions ouvertes, plus riches nous seraient un outil pour l'amélioration de l'existant laissant la réponse de l'enquêté libre dans sa forme et dans sa longueur.

5.1 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Pour assurer la réussite de notre étude un ensemble de considérations éthiques ont été pris en charge nous citons :

- L'obtention d'une autorisation préalable auprès de la direction de l'établissement.
- Les participants à l'étude ne sont pas sollicités de répondre aux différentes questions ainsi ils sont mis au courant de l'intérêt de l'autodétermination, et de la confidentialité adoptée et de l'anonymat du questionnaire.
- Le choix du temps convenable, hors les heures consacrées aux soins, changement de linge, présentation des repas et les heures de visite.

Dans ce cadre, le respect du droit à l'autodétermination est concrétisé à travers le consentement libre et éclairé de tous les participants et ce, après avoir expliqué (a) le contenu et l'objectif de l'étude, (b) ses avantages, et (c) la possibilité de se retirer de l'étude à n'importe quel moment.

6 PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ETUDE

La discussion des résultats recueillis est fondée sur la base d'une confrontation avec certains écrits et études qui ont abordés les facteurs favorisant l'atteinte des patients par les IN. Pour cela, il est à rappeler que, dans le cadre descriptif des facteurs liés aux patients favorisant l'atteinte par les infections nosocomiales, la présente étude a ciblé 250 patients hospitalisé au niveau des différentes unités de soins de l'hôpital El Idrissi de Kenitra.

6.1 CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTS

L'étude a ciblé un échantillon de 250 patients hospitalisé au niveau de différentes unités et services de soins de l'hôpital El Idrissi de Kenitra dont la capacité litière est de 416 lits avec un taux de participation de 60% qui reste acceptable par rapport à la nature de l'échantillonnage préconisé.

Les caractéristiques des enquêtés sont comme suit : la tranche d'âge est située entre 18 ans et 92 ans dont 13% des participants sont âgés de moins de 20ans, 24% sont situés entre 21 ans et 40 ans alors que 63% sont âgés de plus de 40ans, les participants à l'étude sont de sexe masculin avec un taux de 45% et le sexe féminin représente 55%. Le niveau éducatif des patients enquêtés représente 54% non scolarisés, tandis que 29% présentent un niveau éducatif primaire, cependant que 17% ont révélé qu'ils n'ont pas dépassé un niveau éducatif secondaire. 61% des patients sont issus de provenance rurale au lieu que 39% sont d'origine urbain.

Des innombrables études ont montré qu'il ya plusieurs facteurs favorisant la survenance des infections nosocomiales : l'âge élevé du patient, la fragilité de son état de santé :

La forte consommation de soins hospitaliers des personnes âgées est liée au nombre, à la fréquence et la gravité des maladies qui augmentent avec l'âge ce que reflètent les durées moyennes de séjour deux fois plus élevées⁶.

Le niveau d'éducation ou le niveau de diplôme sont parmi les variables qui prédisent le mieux l'état de santé d'un groupe ou d'une population. Chez les personnes ayant le plus faible niveau scolaire les taux d'hospitalisation et de consommation de soins sont supérieurs à ceux du reste de la population. Elles ne semblent se soigner que lorsque leur état de santé est tel qu'il s'agit d'une urgence. Cet état de fait entraîne une dégradation précoce de leur santé ainsi que des soins lourds et de plus nombreuses hospitalisations⁷.

Les femmes comme les hommes vivant dans des ménages d'agriculteurs déclarent beaucoup de maladies, mais cela s'explique par leur âge plus élevé. Chez les hommes, les différences entre milieux sociaux sont moins sensibles. Le revenu des ménages influence aussi le nombre de maladies déclarées pour les femmes comme pour les hommes, les personnes ayant les revenus les plus faibles déclarant plus de maladies que ceux déclarant des revenus plus élevés. Enfin, plus le niveau d'étude est élevé, plus le nombre de maladies déclarées est faible⁸.

6.2 AUTOMÉDICATION ET USAGE D'ANTIBIOTIQUE

Le recours croissant et la surconsommation des antibiotiques non raisonné conduit à l'augmentation de la résistance des bactéries, ce qui constitue un véritable problème de santé des individus. Cette surconsommation des antibiotiques est due à l'automédication des patients sans prendre avis du médecin, justifiée par 54% des participants par usage précédent d'antibiotiques pour des symptômes similaires ou bien les recommandations par l'entourage.

La résistance aux antibiotiques constitue donc un problème majeur de santé publique mondial qui est en grande partie liée à l'utilisation des antibiotiques. Une surveillance de ces résistances, en complément du suivi des consommations d'antibiotiques, est donc primordiale⁹.

Au-delà des déterminants habituels de l'automédication, certains apparaissent spécifiques à cette classe thérapeutique. C'est avant tout du sentiment de savoir, lié à la connaissance de son corps, de ses symptômes, mais aussi de connaissances médicales acquises lors des consultations antérieures. Ainsi, parmi les patients avouant avoir déjà pris des antibiotiques sans prescription, 75% estiment que la prise d'antibiotiques est justifiée parce qu'un médecin leur a déjà prescrit pour les mêmes symptômes. Leur jugement majoritairement positif sur l'efficacité du traitement conforte posteriori le choix de l'automédication, 83% des patients considèrent que le traitement qu'ils ont choisi par eux-mêmes a été efficace¹⁰.

6.3 HOSPITALISATION

Les structures sanitaires sont le refuge des personnes qui souffrent de différentes pathologies et infections ce qui les rend un endroit où le risque de contamination est élevé. Plus on les fréquente plus le risque de contracter une infection est grand, une hospitalisation de longue durée ainsi que les transferts des patients d'un service à un autre ou d'un établissement de santé à un autre peut constituer un facteur favorisant l'exposition à des divers agents microbiens qui peuvent être à l'origine d'une atteinte par une ou plusieurs IN surtout pour les patients dont la résistance aux infections est amoindrie souffrant des maladies chroniques telles que le diabète, hypertension artérielle, les maladies cardiaques, la dénutrition, la leucémie, ou une immunodéficience.

Pour les participants à notre enquête, 50% ont subi une hospitalisation ou ont bénéficié d'une prestation de soin dans un autre service ou établissement avant l'hospitalisation actuelle ; tandis que 54% sont hospitalisés pour des interventions chirurgicales. La période d'hospitalisation est en moyen de 11 jours.

En France l'enquête de prévalence réalisée en 2001 a montré que 2939 des 21 010 patients qui présentaient une infection nosocomiale l'avaient acquise dans un autre établissement. La proportion de contamination extérieure à l'établissement parmi les patients présentant une infection nosocomiale était de 14%. Pour l'enquête du CCLIN Paris-Nord réalisée en 1993 qui a inclus 14 723 patients, les transferts d'un autre hôpital ou d'une autre unité de soins du même établissement concernaient respectivement 14% et 29% des patients¹¹.

La fréquentation de plusieurs établissements et unités de soins augmente le risque d'atteinte par une IN vu la vulnérabilité du système immunitaire des patients et la diversité des microorganismes qui existent au niveau de ses structures de soin, cette situation met en difficulté la détection et la déclaration des IN car aucun responsable n'accepte d'admettre sa responsabilité dans cette atteinte. Une infection contractée dans l'établissement admetteur perd son caractère nosocomial pour l'établissement accepteur.

La durée de séjour hospitalier doit être réduite autant que possible, surtout pour la période précédant l'intervention. En effet, la flore du patient est susceptible de subir des modifications à l'occasion d'une période préopératoire trop longue. On peut donc recommander l'hospitalisation pour une intervention programmée au maximum la veille voire, lorsque c'est possible, le matin même¹².

De plus les facteurs sus cités les comorbidités (diabète, hyper tension artériel HTA, insuffisance rénale...) peuvent constituer un facteur de risque favorisant l'atteinte par une ou plusieurs IN. Pour notre étude 47% des patients souffrent d'une pathologie chronique (diabète, HTA, leucémie.....).

En France les maladies chroniques sont des affections de longue durée et des maladies évolutives. Elles entraînent souvent une détérioration de la qualité de vie et sont parfois associées à une invalidité ou des complications graves de santé. Parmi ces pathologies on peut citer le diabète, l'hypertension artérielle qui touche 66 % des plus de 50 ans, l'obésité qui concerne 50 % des 18-74 ans, ou encore les maladies cardiovasculaires⁸.

On retiendra comme facteur de risque les personnes qui cumulent souvent plusieurs pathologies, les malades immunodéprimés primitifs ou secondaire à un traitement immunosuppresseur ou corticoïde, les malades au revêtement cutané lésé, les diabétiques les insuffisants respiratoires, les polytraumatisés, les dénutris¹³.

6.4 COMPORTEMENT ET HABITUDE

Les comportements et les habitudes liés au mode de vie et aux pratiques des individus par leur consentement ou ignorance peuvent avoir un retentissement sur leur état de santé constituant ainsi un facteur de risque favorisant l'atteinte par l'IN durant une hospitalisation au sein des unités de soins des établissements de santé.

Parmi ses comportement et habitudes qui ont un effet néfaste sur la santé des individus on trouve le tabagisme et l'alcoolisme ses derniers présentent une véritable menace sur l'organisme et la cause principale de plusieurs maladies affectant les organes du corps humain et affaiblissant la santé de ses usagers. Concernant les sujets de la présente étude 41% ont affirmé avoir consommé de la cigarette et/ou de l'alcool ce qui les rend plus susceptibles d'être victimes des IN.

En France Environ un tiers des décès survenant avant 65 ans sont associés à des causes « évitables » par la réduction des comportements à risque (tabagisme, alcoolisme, conduites dangereuses, suicides etc). L'excès de consommation d'alcool est à l'origine d'une part importante de la morbidité (cancers, maladies chroniques du foie, atteintes psychiques, séquelles d'accidents notamment) et de la mortalité prématurée. Le tabac est également à l'origine de maladies respiratoires chroniques et de maladies cardiovasculaires (maladies coronariennes, athérosclérose, artérites, etc.) dont l'impact est certainement considérable, notamment pour la qualité de vie des personnes. Le tabagisme seul ou en association avec la consommation d'alcool est responsable d'un nombre très élevé de cancers, notamment les cancers du poumon et des voies aérodigestives supérieures⁸.

Dans la même vision, les canadiens considèrent les risques liés au style de vie comme le tabagisme et la consommation d'alcool des défis en matières de santé publique constituant une cause des décès résultant du cancer de poumons et les maladies du cœur¹⁴.

Les comportements et les habitudes ainsi que l'hygiène de vie des patients peuvent être un facteur important de dissémination des IN, en transportant les bactéries et les microorganismes des autres patients sur leurs mains ou objets qu'ils utilisent. Puisque l'être humain émet dans son environnement un nombre considérable de particules contenant l'agent infectieux qui sont produites pendant la toux, éternuement, parole, sueur et pendant certains actes, sont dispersées dans l'entourage du patient et déposées sur les objets qui sont dans son périmètre, si ces particules et gouttelettes sont contractées par un autre patient ça causera une contamination en lui transmettant l'infection.

Notre enquête a décelé que : 70% des patients ont utilisé les objets et matériels personnel d'un autre patient (cuillère ; couverture; verre...), du même 66% des patients ne lavent pas leurs mains au savon après chaque passage au toilette et 91% des enquêtés consomment des repas cuisinés en dehors de l'hôpital, alors que la totalité des hospitalisés ne disposent pas d'un thermomètre personnel.

Pour justifier leurs attitudes les patients interrogés ont mis en cause l'absence de matériels à usage unique mis a leurs disposition par l'établissement et qu'ils ne peuvent pas ont procuré faute de moyens et de provenance en dehors de la ville de Kenitra. Également l'absence de distributeur de savon dans les unités d'hospitalisation et l'état inadéquat des lavabos et toilettes misent à leur disposition, tandis que les repas servis par l'établissement n'est pas satisfaisante qualitativement et quantitativement alors qu'ils ont reconnu qu'ils n'ont pas besoin d'un thermomètre personnel puisqu'il y en a dans le service d'hospitalisation.

Les bactéries se transmettent d'un patient à l'autre de plusieurs façons : par contact direct entre patients (mains, gouttelettes de salive ou autres liquides biologiques) ; par l'air (gouttelettes ou poussières contaminées par les bactéries d'un patient) ; par le personnel contaminé lors des soins aux patients (mains, vêtements, nez, gorge), qui devient un porteur temporaire ou permanent et transmet ensuite les bactéries à d'autres patients par contact direct lors des soins ; par des objets contaminés par le patient (y compris le matériel médical), les mains du personnel, les visiteurs ou d'autres sources environnementales (eau, autres liquides, aliments)¹⁵.

Dans la même vision, La flore microbienne peut être soit saprophyte issue de l'environnement (eau, matériel souillé, surfaces), ou commensale et donc provenir d'un porteur humain (nasal, digestif, cutané). Elle est acquise par contact avec la flore des patients et elle est transmissible d'un malade à un autre par contact direct entre patients, ou indirect notamment par l'intermédiaire de dispositifs médicaux, les objets personnel ou matériel de soins qui ont été en contact avec du sang ou des liquides biologiques. La transmission par les mains constitue cependant le principal mode de circulation des germes¹⁶.

Les mesures simples d'hygiène, notamment le lavage des mains, devraient être appliquées couramment et, tout particulièrement, en milieu de soins. Diverses stratégies, telles que fournir des informations appropriées et rendre disponible des postes de lavage des mains ou des distributeurs de rince mains antiseptique, ont été proposées pour améliorer

l'adhésion au lavage des mains. L'application soignée de mesures d'hygiène peut certainement contribuer à réduire le risque de transmission d'infection en milieu de soins¹⁷.

Une bonne alimentation fait partie des prestations importantes dans le cadre des soins de santé dont la qualité et la quantité sont des facteurs déterminants lors de la convalescence du patient. Des risques infectieux supplémentaires peuvent être encourus par le patient en consommant des plats cuisinés en dehors de l'établissement. Cette pratique peut être autorisée sous des conditions strictes et définies selon chaque situation. Il est indispensable de se renseigner auprès de l'équipe soignante¹⁸.

6.5 COMPORTEMENT DU SOIGNANT

Les infections nosocomiales peuvent se transmettre par le biais du personnel soignant en contaminant un patient par les germes d'un autre avec les instruments utilisés pendant l'offre de soin ou les mains souillées, d'où vient la nécessité de corriger les comportements des soignants et mettre à leur disposition les procédures, moyens et matériels nécessaires pour respecter les bonnes pratiques d'hygiène afin de réduire le risque de la propagation des IN.

L'évaluation du comportement et pratiques des soignants pendant l'offre de soins démontre que 62% des patients ont attesté que les soignants ne lavent pas leurs mains après avoir achevé le soin du patient et passe au suivant. 82% des patients ont affirmé que les soignants portent des gants pendant l'offre du soin tandis que 18% ont déclaré le contraire. 66% des enquêtés ont avoué que le personnel soignant ne change pas de gants quand ils passent au patient suivant, alors que 69% ont confirmé que Les draps et couvertures ne sont pas changés périodiquement pendant l'hospitalisation au moment que 31% ont exprimé le contraire et que la fréquence moyenne est de 5 jours.

L'amélioration des mesures préventives d'hygiène doit être au centre des préoccupations de l'établissement de santé afin de garantir la convalescence du malade dans les meilleures conditions et avec la meilleure efficacité tout en évitant les conséquences de l'infection causées le plus souvent par l'absence de rigueur que par le manque de moyens ce qui permettra de contrôler les voies de transmission par l'hygiène du personnel soignant (lavage des mains, port des gants, tenue adéquate et propre), l'hygiène du matériel, instruments et environnement ainsi que l'hygiène hôtelière (contrôle du linge et l'alimentation)

Maîtriser l'infection c'est avant tout contrôler la diffusion des germes principalement les bactéries. Leur circulation au sein de l'hôpital, d'un patient à un autre, d'un soignant à un patient et d'un soignant à un autre soignant, se fait avant tout par les mains. Cette main tendue soucieuse de porter le soin et le remède, est en hygiène, trop souvent celle par qui l'infection arrive. C'est pourquoi le lavage des mains est la mesure essentielle pour réduire la transmission d'un malade à l'autre. Il s'impose dans toutes les activités hospitalières pour les soins directs, mais aussi pour les activités hôtelières¹⁶.

Le port des gants constitue une mesure complémentaire au lavage des mains. Il sert à créer une barrière entre les mains du personnel soignant et le sang, liquides biologiques, les sécrétions, les excréments et les muqueuses et à prévenir la transmission des microorganismes, tant du patient au personnel qu'inversement¹³.

Donc le port des gants est un élément fondamental dans la prévention des IN afin de limiter la transmission des agents microbiens de patient à un autre pendant les activités de soins et ils doivent être changés entre deux patients afin d'éviter la transmission des agents infectieux.

Le linge hospitalier constitue un réservoir important d'organismes pathogènes qui peuvent être à l'origine d'infections voire même d'épidémies. Il est alors fondamental de maintenir et de garantir une bonne qualité microbiologique du linge. Par ailleurs, le linge participe au confort et à l'hygiène de patients¹³. Dans les services de soins, le linge sale peut entraîner une contamination des mains des soignants, de leur tenue vestimentaire et de l'environnement. Ces mécanismes rendent inévitables le rôle du linge sale dans la transmission croisée de microorganismes en particulier les multi résistants aux antibiotiques¹⁶.

Les mains et le linge sont considérés comme un réservoir et source de contamination par les microorganismes et peuvent être à l'origine d'IN qui peut toucher les patients et aussi le personnel soignant, d'où vient la nécessité de prendre les précautions en matière des bonnes pratiques d'hygiène afin de minimiser le risque de contamination et transmission des IN.

6.6 ETAT DE CONNAISSANCE DES PARTICIPANTS

Pendant l'hospitalisation le patient doit prendre certaines mesures et suivre des règles particulières afin d'éviter une dégradation de son état de santé, parmi ces précautions celles qui concernent l'hygiène individuel durant le séjour dans

l'établissement de santé, qui doivent être appliquées rigoureusement pour éviter le risque de contamination par un microorganisme pathogène et qui entrainera une altération de l'état générale du patient. Certes, la prise de conscience de la population de l'importance que joue les règles d'hygiène ainsi que l'impact économique, sociale et sanitaire des IN est importante afin de minimiser le risque de contamination et de transmission des agents pathogène pendant l'hospitalisation.

L'évaluation de l'état de connaissance des patients hospitalisés dans les unités de soins indique que 77% des participants ne savent pas comment on appelle les infections contractées à l'hôpital et n'ont jamais entendu parler ; en revanche 23% seulement ont révélé le contraire. 87% d'eux ont déjà entendu parler via les membres de la famille et les connaissances alors que personne n'en a entendus par les médias ou les professionnels de santé. Au moment que 94% des enquêtés se sentent mal informés sur l'ampleur des IN tandis que 6% seulement se sentent bien informés. 30% des patients pensent que les IN peuvent causer la mort alors que 70% n'ont aucune idée. Dans le même angle de vision 45% des participants pensent que seulement les malades peuvent être atteints par les IN, pendant que 15% pensent que les visiteurs aussi peuvent courir ce risque toutefois que 16% pensent que les malades et le personnel soignant peuvent être atteints et 24% pensent que toute personne ayant accès à l'hôpital peut être contaminée.

Concernant les éléments les plus inquiétants pendant l'hospitalisation 30% ont opté pour l'anesthésie, tandis que 27% ont révélé que les erreurs médicales sont les plus inquiétantes, cependant 13% ont avoué que le risque de découvrir une autre maladie les angoissent de plus, 18% pensent que les piqures sont les plus embarrassants, en revanche 12% seulement ont déclaré que le risque d'infection les préoccupe beaucoup plus.

Il faut donc préciser que si la prévention des maladies nosocomiales repose en grande partie sur l'établissement d'accueil, le personnel soignant et les mesures d'hygiène adoptées ainsi que les procédures thérapeutiques mises en œuvre, l'état de connaissance du patient sur les IN, et son éventuel comportement et habitudes hygiéniques pendant l'hospitalisation, peuvent constituer un facteur majeur de l'exposition au risque d'IN.

Notre enquête divulgue que la plus part des patients ne savent pas l'ampleur et la gravité des IN et sous-estiment les risques encourus pendant l'hospitalisation, ainsi qu'un manque en matière d'information sur les éléments indésirables qui peuvent survenir durant le séjour. La plus part ont exprimé qu'ils sont mal informés sur les IN, de plus l'absence de renseignements concernant les consignes et les mesures d'hygiène qu'il faut suivre durant la période d'hospitalisation.

D'après le conseil national de l'ordre des médecins en France, Le risque nosocomial n'est pas seulement imputable au personnel hospitalier : il concerne également le public. La commission de la sécurité des consommateurs a prévu d'appeler les personnes hospitalisées à observer des règles d'hygiène : (lavages des mains réguliers), en participant activement aux moyens de lutte contre les maladies nosocomiales avec diffusion auprès du public d'informations comme cela se pratique déjà dans certains hôpitaux¹⁹.

6.7 RELATION SOIGNANT SOIGNÉ

Certes, quand on engage une procédure thérapeutique en faveur d'un patient hospitalisé l'IN ne constitue qu'un des risques qu'il peut encourir et qui ne peut pas être toujours évité, mais si une IN se détecte, le patient est le premier concerné, il faut donc qu'il soit informé, comprendre ce qui est arrivé et connaître les conséquences de cette atteinte, pour cela le personnel soignant doit être conscient de mieux informer les patients et communiquer avec eux sur le risque infectieux lié aux soins encourus durant la thérapie subite. Cette information est indispensable à l'instauration d'une relation de confiance entre les patients et les professionnels de santé pour une meilleure prise en charge thérapeutique dans les établissements de santé, hormis 83% des participants ont confirmé qu'ils ne seront pas informés par les responsables et le personnel soignant s'ils sont atteints par une IN, au moment que 17% pensent le contraire.

En France l'information du patient sur les infections nosocomiales est une obligation législative. Ainsi lorsqu'une personne a contracté une IN, le médecin en charge de cette personne doit l'en informer dans le respect du code de déontologie. La nature de l'information et les modalités de sa délivrance figurent dans le dossier médical de la personne, ainsi que, le cas échéant, la copie de la fiche de signalement. Lorsque le signalement concerne le cas de plusieurs personnes, une copie de la fiche de signalement doit figurer dans le dossier médical de chacune de ces personnes¹⁸.

7 DESCRIPTION DES FORCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE

7.1 LES FORCES DE L'ÉTUDE

Les forces notables du présent travail résident entre autres dans : (a) l'exclusivité de l'étude à traiter les facteurs induisant les IN liés au patient, (b) la diversification des profils des personnes concernées par l'enquête est une complémentarité pour

une plus grande fiabilité et une meilleure rigueur scientifique, (c) la qualité de l'étude est prouvée par le fait d'avoir mis le point sur les comportements et habitudes des patients hospitalisés dans plusieurs services et unités de soin.

7.2 LES LIMITES DE L'ÉTUDE

Les conclusions rapportées sont à nuancer, car cette analyse des facteurs induisant les IN liés au patient a confronté certaines limites, (a) Limite de l'instrument, malgré les efforts fournis de compenser ses lacunes par la confrontation et la discussion avec les concernés il reste porteur d'éventuels biais. Car en plus de sa nature subjective qui rend possible l'intrusion de biais d'interprétation. Un questionnaire permettant d'identifier les facteurs induisant les IN liées au patient ne peut identifier de façon précise, détaillée et surtout franche les causes des différences ou des similitudes entre ces facteurs, (b) le niveau socioculturelle des participants et qui ne facilite pas la communication des informations nécessaires. Enfin (c) la non implication des structures ministérielles qui tracent les lignes directrices de la politique de gestion du risque infectieux.

8 CONCLUSION

La lutte contre les infections nosocomiales doit consister une obligation et une priorité des établissements de santé afin de garantir la sécurité et la qualité des soins et prestations offertes aux usagers. Cela ne peut être garanti s'il n'y a pas une prise de conscience de l'ampleur et la gravité des IN par les différents acteurs de l'établissement ainsi que le patient lui-même.

Le manque d'hygiène dans les pratiques des soins du personnel soignant ainsi que les facteurs de risque ; comportement et habitude des patients pendant l'hospitalisation ; est le responsable d'infection hospitalière qui touche chaque année des centaines de million de personne dans le monde. Il en résulte de lourdes conséquences sur la santé des individus et constitue une charge importante sur les patients, leurs familles et également pour le système de santé.

Notre étude énonce les résultats suivants : 54% des participants affirment avoir recours à l'automédication des antibiotiques ; 50% ont subi une hospitalisation ou ont bénéficié d'une prestation de soin dans un autre service ou établissement avant l'hospitalisation actuelle ; en outre 54% sont hospitalisés pour des interventions chirurgicales ; de plus 47% des patients souffrent d'une pathologie chroniques ; 41% affirme avoir consommé de la cigarette et/ou de l'alcool ; étant donné que 70% de patients ont avoué avoir utilisé les objets et matériels personnel d'un autre patient ; tandis que 66% de patients ne lavent pas leurs mains au savon après chaque passage au toilette ; bien que 91% des enquêtés consomment des repas cuisiné en dehors de l'hôpital, alors que la totalité des hospitalisés ne disposent pas d'un thermomètre personnel ; en revanche 62% des patients ont attestés que les soignants ne lavent pas leurs mains après avoir achevé le soin du patient et passent au patient suivant ; également 82% des patients ont affirmé que les soignants portent des gants pendant l'offre du soin ; en effet 66% des enquêtés ont reconnu que le personnel soignant ne change pas de gants quand ils passent au patient suivant ; cependant que 69% ont confirmés que Les draps et couvertures ne sont pas changés périodiquement pendant l'hospitalisation.

Ces résultats ont été confortés par l'absence en matière de formation et information des patients sur les IN et leur gravité ; par conséquence 77% des participants ne savent pas comment on appelle les infections contractées à l'hôpital et n'ont jamais entendu parler ; en revanche 23% seulement ont révélé le contraire, parmi 87% ont déjà entendu parler via les membres de la famille et les connaissances; Au moment que 94% des enquêtés se sentent mal informés sur l'ampleur des IN; en effet 30% des patients pensent que les IN peuvent causer la mort ; du moment que 70% n'ont aucune idée ; 45% des participants pensent que seulement les malades peuvent être atteints par les IN, pendant que 15% pensent que les visiteurs aussi peuvent courir ce risque ; toutefois que 16% pensent que les malades et le personnel soignant peuvent être atteints ; et 24% pensent que toute personne ayant accès à l'hôpital peut être contaminée.

Concernant les éléments les plus inquiétants pendant l'hospitalisation 30% ont opté pour l'anesthésie, tandis que 27% ont déclarés que les erreurs médicales sont les plus inquiétantes, cependant 13% ont témoigné que le risque de découvrir une autre maladie les angoissent de plus; 18% pensent que les piqûres sont les plus inquiétants, en revanche 12% seulement ont indiqués que le risque d'infection les préoccupent beaucoup plus. Par suite 83% des participants ont reconnu qu'ils ne seront pas informés par les responsables et le personnel soignant s'ils sont atteints par une IN.

Il en sort des résultats de l'enquête que les mesures d'hygiènes, les comportements et les habitudes du patient et du personnel ainsi que la réglementation en vigueur peuvent être des éléments principaux de la prévention des IN, en effet l'établissement d'accueil doit mettre à la disposition des hospitalisés et du personnel soignant les moyens, fournitures et équipements nécessaires pour appliquer les bonnes pratiques et règles d'hygiène. Ainsi que mettre à leur disposition

suffisamment de formation et d'information concernant les risques infectieux encourus durant l'hospitalisation et les astuces pour les réduire ou les éliminer.

REFERENCES

- [1] Margot Phaneuf, inf ; PH.D. Chatal Gadbois, inf ; M.SC. inf ; Map Inferesspurces, mais 2009, révisé janvier 2010. Les infections nosocomiales-Agir ensemble pour des milieux cliniques sains et sécuritaire. France. P 4-6
- [2] Organisation mondiale de la santé (2005). Recommandations OMS pour l'hygiène des mains au cours des soins (version avancée) : synthèse. Page 3-9
- [3] Ottmani, S., Amrani J.F., Gouaima, F., Elkhiehl, F. et Echkale, A. (1994). Résultats de l'enquête de prévalence des Infections nosocomiales au niveau de 24 hôpitaux. Maroc. p 9- 23
- [4] Plan d'établissement hospitalier (2014) de l'hôpital IDRISSI Kenitra.
- [5] Ressources humains (2014) de l'hôpital IDRISSI Kenitra
- [6] Fouquet.A ; Tregoeat.J ; Sitruk.P. Mai 2011. L'impact des modes d'organisation sur la prise en charge du grand âge
- [7] Michel.Z. février 2001, Précarisation et apprentissages scolaires. P 1-2
- [8] Direction de la recherche des études de l'évaluation et des statistiques. Rapport. (2011). L'état de santé de la population en France. P 19-111
- [9] Goudel.P ; (2013), Mémoire du diplôme d'études spécialisées de pharmacie, Université de Lorraine faculté de pharmacie, Juste usage des antibiotiques à l'hôpital de brabois adultes CHU de Nancy : bilan du rôle du pharmacien et de l'équipe opérationnelle en infectiologie de 2006 à 2012. P 11
- [10] Assurance maladie ; (le 4 octobre 2002) ; communiqué de presse ; Le bon usage des antibiotiques. France. P 10
- [11] Termignon, J.L. (2003). Mise en œuvre du décret n° 2001-671 du 26 juillet 2001 : enquête auprès d'établissement de santé Mosellans ayant une activité de réanimation et proposition visant à faciliter le signalement des infections nosocomiales. P 4-5
- [12] Charvet.R. 17 septembre 2010. Mémoire en vue de l'obtention du D.E.S.C de médecine légale, Université de Nancy Henri Poincaré- Faculté de médecine. Les infections du site opératoire (ISO) en orthopédie et traumatologie. Actualité et conséquences médico-légales. Réflexions à propos d'une étude prospective de 7163 interventions chirurgicales sur cinq ans. France. P10
- [13] Ridha.H. (2008). Les multiples facteurs de l'infection associée aux soins. Tunis. P 39-153
- [14] Ruddy.C, ph.D, Sue C Sullivan. Association canadienne de santé publique. (2010). La santé publique : une histoire canadienne. Canada. P 141
- [15] Organisation mondiale de la santé.(2008). Guide pratique 2^e édition. Prévention des infections nosocomiales. P 8
- [16] Bouleghmane. A. institut national d'administration sanitaire. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de maîtrise en administration sanitaire et santé publique. Evaluation des pratiques d'hygiène hospitalière à l'hôpital SEKKAT de la préfecture d'arrondissement Casa Ain chock. Maroc. P 16-53
- [17] Comité sur les infections nosocomiales du Québec. (26 janvier 2004). Avis scientifique. Stratégie de prévention des infections lors du processus d'évaluation des patients en milieu se soins. P 2
- [18] Groupe de travail du comité technique des infections nosocomiales et infections liées aux soins. Question réponse pour les usagers. France. P 14-15
- [19] Pr. Langlois. J. rapport adopté lors de la session du conseil national de l'ordre des médecins. (30 juin 2000). Les infections nosocomiales et les infections à l' occasion des soins hors de l'hôpital. P 11

A Study on the Ammonium Adsorption by using Natural Heulandite and Salt Activated Heulandite

Kalyani Gorre¹, Srinivas Yenumula¹, and V. Himabindu²

¹Research scholar, Centre for Environment, IST, JNT University Hyderabad-85, Telangana, India

²Associate professor, Centre for Environment, IST, JNT University Hyderabad-85, Telangana, India

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 this paper, the optimum conditions for the activation of Heulandite for the most effective parameters such as sodium concentration, stirring time and temperature was determined. The most efficient conditions was selected according to the highest ammonium removal capacity. The Activated Heulandite were investigated and compared with that of Natural Heulandite. The Activated Heulandite revealed the highest ammonium removal efficiency based on stirring time, zeolites loading, initial ammonium concentration, temperature and pH. The parameters revealed that the exchange of ammonium ion by Activated Heulandite occurred spontaneously at ambient conditions (27°C). It was concluded that when Heulandite is activated under the condition of 1M NaCl, 60°C and stirring time of 20 minutes, an excellent removal of ammonium was obtained.

KEYWORDS: Heulandite, Ammonium adsorption, Activated zeolite, Ammonium removal.

1 INTRODUCTION

Ammonium discharged together with municipal or industrial effluents is responsible for harmful effects such as eutrophication, toxicity to aquatic life and increased corrosion rate of soil materials. The toxicity of ammonium to aquatic life can cause convulsion, coma and death [1]. Traditionally, biological systems have provided an economical solution with the retrofitting of biological ammonium removal facilities to existing organic treatment systems [2]. While often effective, these systems require large land areas, due to the slowness of biological conversion of nutrients, thus imposing high capital costs. Physico-chemical wastewater treatment offers a high rate alternative to the conventional biological processes, requiring relatively small land areas for equivalent influent flows. Among the processes proposed to reduce ammonium ion concentrations in wastewater is ion exchange or adsorption using zeolite material which has been recognized as an efficient and cost competitive in both laboratory scale and commercial plants [3]. Increased awareness and understanding of the deleterious effects of ammonium, released from wastewater treatment facilities into natural water systems has resulted in stringent laws restricting ammonium discharge.

The raw water with high ammonia concentration must therefore be treated before it reaches the consumer and also the wastewater discharge into the receiving water. The most widely used methods for removing ammonia from wastewater are air stripping, ion exchange, breakpoint chlorination and biological nitrification denitrification [4]. Ion exchange has been demonstrated to be competitive with other methods both in terms of performance and cost [5][6].

The discovery of natural Zeolite deposits has led to an increasing use of these minerals for the purpose of eliminating, or at least reducing, many long standing pollution problems. Both natural and synthetic Zeolites have shown their ability for removing several cations from solutions concerning adsorption and ion exchange features. In order to comply with the increasingly strict limits being placed on ammonia levels in sewage discharged into receiving waters, a high-rate ammonia removal process was needed.

Zeolites are microporous, aluminosilicate minerals commonly used as commercial adsorbents. They are known to have an affinity for ammonium (NH_4^+) and other cations and possess a unique framework. Overseas studies have established that zeolites have the potential to remove NH_4^+ from municipal, industrial, and aqua cultural wastewaters. The capacity of zeolites to remove NH_4^+ from wastewaters has been found to vary, depending on the type of zeolite used, zeolite particle size, and wastewater anion-cation composition.

The main features of Zeolites are high level of ion exchange capacity, adsorption, porous structure, molecular sieve, dehydration and rehydration, low density and silica compounds. However, the structural characteristics (e.g., porosity, density, and channel length) and the composition and exchangeability of Ca, Na, K, and Mg cations in Zeolites, amongst other factors (e.g., zeolite particle size and zeolite concentration in the host rocks) Natural zeolites such as clinoptilolite, mordenite, phillipsite from different deposits have been widely reported as an ion exchanger in wastewater ammonium removal installations owing to their ammonium ion selectivity and low cost [7][8].

Although the use of zeolites as adsorbent for ammonium removal from water was investigated by many researchers over the last decades, still research on the removal of ammonium by zeolitic materials are ongoing. In a recent paper, Juan and his team [9] used powdered and granulated forms of zeolites NaP1, K-F and K-chabazite/phillipsite synthesized from coal fly ash to uptake ammonium in wastewater from a sewage treatment plant. In other recent papers dealing with the removal of ammonium in water, Liang and Ni [10] found that the modification of natural zeolite clinoptilolite can improve and enhance the uptake of ammonium ion. The modification process includes pretreatment by grinding and sieving, modifying by sodium salt and finally, calcination. These modifications can improved the pore size and surface area of clinoptilolite which eventually increased the ammonium ion uptake by clinoptilolite. Therefore, it is important to improve the ammonium uptake from the waste water using an economical approach such as utilizing activated zeolite synthesized and naturally occurring zeolite.

Heulandite is a $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, Hydrated Calcium Sodium Aluminum Silicate is one of the naturally existing zeolites. It is rich in silica and has a high ion exchange capacity than other zeolites. It generally exhibits a high selectivity for ammonium and metallic ions. Heulandite's structure is sheet-like. Although still a true tectosilicate where every oxygen is connected to either a silicon or an aluminum ion and the structure is a framework, there still is a sheet-like structural organization. The sheets are connected to each other by a few bonds that are relatively widely separated from each other. The sheets contain open rings of alternating eight and ten sides. These rings stack together from sheet to sheet to form channels throughout the crystal structure. The size of these channels controls the size of the molecules or ions that can pass through them and therefore a zeolite like heulandite can act as a chemical sieve, allowing some ammonium ions to pass through while blocking others ions. Heulandite's sheet-like structure produces the prominent pinacoid faces, the perfect cleavage and the unique luster on those faces. So keeping in view all the distinct characteristics of the heulandite it has been selected in this study for the ammonium removal.

The main aim of this study is to determine the optimal conditions for the activation of heulandite to get the best results for the adsorption of ammonium by salt treatment and to realize the value of low cost activated heulandite, as an efficient alternative sorbents for the removal of ammonium. The main focus of the study is the transformation of heulandite to a high cation exchanger under appropriate activation conditions. A comparison was made with naturally occurring heulandite in powdered forms. An understanding behavior of these materials provides insights into its expected capacity as an adsorbent. Comparison on the efficiencies of the adsorbent investigated is also discussed in relation to ammonium removal.

The specific objectives of this research is to study the sodium activation of zeolite samples and the effect of various parameters on zeolite activation such as sodium concentration, stirring time, and temperature and to identify the key processes controlling the rate of ammonium adsorption by zeolite. In addition, the effects of pH, stirring times, initial concentration, adsorbent dosages and temperature on ammonium removal for both natural heulandite and activated heulandite were investigated and compared.

2 EXPERIMENTAL

MATERIALS AND METHODS

All the glassware used in the present study was pyrex quality, Manufactured by Borosil Glassware Ltd and Mumbai. Distilled Water was used for all the experiments. Reagents were prepared from Analytical Grade chemicals, using double Distilled water. Stock solutions of the ammonium ions Concentrations were prepared from analytical grade ammonium chloride, NH_4Cl . Naturally occurring heulandite samples was obtained from a large deposit in pune, Maharashtra. India.

2.1 EQUIPMENTS

The instruments used for carrying out the present study included digital pH meters (Hach) for pH measurements and conductivity meters (Hach), uv-visible spectrophotometer (Analytic jena spekol 2000), Shaker (Isi-2005rIn), Kjeldahl instrument (kps 020).

2.2 PREPARATION AND ACTIVATION OF HEULANDITE

The collected Natural Heulandite (NH) samples were grounded and sieved and the fractions between U.S. standard mesh numbers 20 and 40 (i.e 0.84 mm and 0.42 mm) were used for the study. The material was washed with distilled water to remove any non-adhesive impurities, and then dried in an oven at 100°C for 24 h and finely crushed. The activation process was carried out by mixing NH powder material with an aqueous solution of sodium chloride under the different conditions detailed below:

2.3 EFFECT OF SODIUM CONCENTRATION

To study the effect of sodium concentration and batch activation, the sodium chloride concentration was varied from 0.5 to 2.0 mol/L with zeolite/ solution ratio maintained as 1 g/10 ml. The suspension was stirred in conical flasks (500 ml) using a magnetic stirrer water bath at a rate of 100 rpm and 80°C for 2 h. Subsequently, the suspension was filtered and washed with distilled water. The wet activated material was dried at 60°C in an oven for 24 h and used in batch adsorption experiments at an initial ammonium concentration of 100 mg/L with a pH 7 at 25°C and stirring time of 24 h. The best sodium ion concentration for the activation of zeolite was selected as that corresponding to the highest ammonium removal capacity (mg/g).

2.4 EFFECT OF TIME

For determining the optimum time required for activation zeolite from aqueous solution, a weighed quantity of heulandite (1 g) was added into the solution of 1 mol/L sodium chloride concentration and stirring time ranging from 0.5 to 3 h. The conditions applied above on the effect of sodium concentration experiment were repeated. The optimum stirring time for the activation of zeolite was selected as that corresponding to the highest ammonium removal capacity (mg/g).

2.5 EFFECT OF TEMPERATURE

The effect of temperature on activation of zeolite was investigated at different temperature values ranging from 10°C to 100°C. The sodium chloride concentration and stirring time were kept constant at 1 mol/L and 0.5 h, respectively. The optimum temperature for the activation of zeolite was selected as that corresponding to the highest ammonium removal capacity (mg/g).

2.6 BATCH ADSORPTION STUDIES

All adsorptions in batch experiments were carried out using stopper conical flasks (500 ml), zeolite/liquid ratio of 1 g/100 ml, magnetic stirring water bath, a stirring rate of 120 rpm and a temperature at 25°C. A stock solution (1000 mg/L) was prepared by dissolving NH_4Cl in distilled water. For determining the optimum time required for ammonium removal by natural heulandite (NH) and activated heulandite (AH) from aqueous solution, a weighed quantity of adsorbent (1 g) was added into solution of 80 mg/L ammonium concentration and was stirred for 10–420 min and 5–60 min of NH and AH, respectively, at a fixed pH of 7.0. The effect of initial ammonium concentration in batch adsorption experiments was carried out by using initial ammonium concentration in the range of 10–250 mg/L and 10–400 mg/L for 280 min and 35 min for NZ and AH, respectively. The effect of pH on adsorption was investigated at initial ammonium concentration of 80 mg/L and performed in different pH values (2–10) at 25°C. Batch adsorption was conducted at 300 and 40 min for NZ and AH, respectively. The pH of the solution was adjusted by 1 M HCl or NaOH solution. For determining zeolites loading effect, zeolite loading was varied from 0.2 to 2.2 g/100 ml at initial ammonium concentration of 80 mg/L. The zeolite–liquid was then stirred for 300 and 40 min for NZ and AH, respectively, at temperature 25°C. Temperature of adsorption isotherms was studied at 25, 35 and 45°C. A 100 ml of ammonium chloride solution of 80 mg/L concentration was equilibrated with 1 g zeolite for 40 min for AH. The concentration of ammonium and the removal efficiency (%) of zeolite was determined by Kjeldahl Method [11].

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 ACTIVATED HEULANDITE (AH)

Due to different results in activation of different zeolite samples, parameters, such as sodium concentration, stirring time and temperature, had to be investigated to obtain optimum activation conditions, and the results are shown in Fig. 1a–c. As can be seen from batch adsorption experiments (Fig. 1a–c), the temperature of 70°C, stirring time of 30 min and 1 mol/L concentration of NaCl were the most effective in adsorption of ammonium ions on Natural Heulandite (NH). The optimum conditions obtained above for the activation of zeolite using NaCl were applied on NaOH for the adsorption of ammonium ions at 100 mg/L of ammonium concentration, pH 7 and 25°C. Its ammonium adsorption capacity (mg/g) was compared with NaCl activation as shown in Table 1. The results showed that NaCl-activated heulandite (AH) had a higher ammonium adsorption capacity value than NaOH-activated zeolite. Higher ammonium adsorption capacity means higher Na⁺ content [12][13][14]. From the above discussion, it can be concluded that ion exchange promoted by NaCl-activated heulandite (AH) is a more attractive zeolite preparation method than that of NaOH-activated zeolite. Therefore, NaCl-activated zeolite (ActZ) was selected for further study.

3.2 EFFECT OF STIRRING TIME

As shown in Fig. 2a and 2b, the removal efficiency of ammonium ions increased with increasing stirring time. 40% and 92% of ammonium ions removal were completed within 10 min for NH and AH, respectively, which also confirmed larger adsorption capacity of AH compared to NH. The experimental data show that NH could exceed 78% percentage removal at 300 min, but then, the removal efficiency plateaus. As to AH, the ammonium removal rate exceeds 98% percentage removal at 40 min and became increasingly slow with increasing stirring time. This may be attributed to the utilization of the most readily available adsorption sites of the zeolite that leads to a fast diffusion and rapid equilibrium attainment. On the basis of these results, 300 min and 40 min stirring period was selected for all further studies of NH and AH, respectively. Beyond this level there is no noticeable increase in the adsorption and it is thus fixed as the equilibrium time. It can be said that the Ammonium ions were adsorbed by the exterior surface of the adsorbent. When the adsorption of exterior surface of the adsorbent reached the saturation point, the ammonium ions enter the adsorbent pores and are adsorbed by the interior surface of the particles [14][15][16].

3.3 EFFECT OF INITIAL AMMONIUM CONCENTRATION

As shown in Fig. 3a and 3b, the increment of removal efficiency was achieved in the ranges of 10–50 mg/L of ammonium concentrations for both Natural heulandite and Activated heulandite. This result is similar with that reported by Sarioglu [17] who concluded that the increase in removal efficiency was achieved between 8.8 mg/L and 40 mg/L of ammonium concentrations, indicating that the initial ammonium concentration plays an important role in the adsorption of ammonium onto zeolites. Increasing the initial ammonium concentration would increase the mass transfer driving force and therefore the rate at which ammonium ions pass from the bulk solution to the particle surface [16]. After 50 mg/L ammonium concentration of both zeolites, the removal efficiency of ammonium decreased with increased initial ammonium concentration. This is because the high initial ammonium concentration provided a greater driving force [18]. As a result, the ammonium ion could migrate from the external surface to the internal micropores of the zeolite within a given stirring time. The equilibrium was achieved when all the exchangeable ammonium and cation on the external and internal surfaces of the zeolite were reached [19]. Fig. 3a and 3b shows that the adsorption capacity of the activated heulandite was higher than that of natural heulandite at each initial ammonium concentration.

3.4 EFFECT OF SOLUTION P^H

The pH of the aqueous solution is an important factor controlling ammonium adsorption [20]. As shown in Fig. 4, pH played an important role for ammonium adsorption of Natural Heulandite and Activated Heulandite. The removal efficiency of both zeolites increased with increasing pH from 2 to 7 and then it decreased gradually from pH 8 to 10 with the maximum value being achieved at pH 7. An almost similar trend has been reported for ammonium adsorption onto zeolite by different researchers [20][22]. The behavior of ammonium as a function of water's pH can be explained by considering the change in density of hydrogen ions, the dominant ionic species of ammonium and the surface charge of zeolite as a function of water's pH. The pH of natural heulandite and activated heulandite were 7.7 and 7.8, respectively, implying that the zeolite particle's surface is uncharged at water pH of 7.7 and 7.8 of natural and activated zeolites; the zeolites particle's surface has a positive charge at water pH below 7.7 and 7.8, and it is negatively charged at water pH above 7.7 and 7.8. This indicates that the

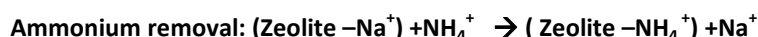
surface of zeolite is negatively charged at pH of above 7 [21]. For ammonium adsorption, according to the relation of ammonium dissociation in water as a function of pH, ammonium ions is the dominant species of ammonia nitrogen in water at pH of below 7 while the molecular form, ammonia (NH_3) is dominant at alkaline pH. By considering the above facts, the increase in adsorption of ammonium with the increase in water's pH up to the maximum point (pH 7) can be attributed to a decrease of hydrogen ions in solution corresponding to an increase in pH, and thus a reduction of the competition between hydrogen ions and ammonium ions for adsorption/exchanging sites onto zeolite particles [23]. The decrease of ammonium adsorption with the increase of water's pH above 7 is related to the increase in percentage of molecular ammonium, which resulted in the reduction of ion-exchange potential [24].

3.5 EFFECT OF ADSORBENT DOSAGE

As illustrated in Fig. 5, the removal efficiency of ammonium ions by both zeolites increases with increasing amount of both zeolites. This effect can be attributed to an increased surface area and number of adsorption sites [25]. As can be seen in Fig. 5, the ammonium removal rate of activated heulandite (AH) increases more rapidly than that of natural heulandite (NH) and attains a plateau at 98.73% when the adsorbent dosage was 1 g indicating that the ammonium ions removal was negligible at higher adsorbent dosage. The natural heulandite attains a plateau at 94.5% when the dosage was 1.8 g as shown in Fig. 5. Thus, both of them reached a balance of approximately 98% when the adsorbent dosage for AH and NH was 1 g and 1.8 g, respectively. This may be attributed to a large adsorbent amount which effectively reduces the unsaturation of the adsorption sites and correspondingly, the number of such sites per unit mass comes down resulting in comparatively less adsorption at higher adsorbent amount [16][25]. Hence, when the ammonium is exchanged completely with cations on the zeolite surface at a certain amount of zeolite loading, the Ammonium removal reached equilibrium.

3.6 REUSABILITY AND DESORPTION

Accordingly, the ion-exchange and electrostatic adsorptions are probably the main mechanisms for ammonium ions removal by zeolite under the selected conditions, through the following reaction



In this study, adsorption experiments were performed using 1 g zeolite and 100 ml of 60 mg/L ammonium at 25°C for 40 min, and desorption of adsorbed ammonium onto zeolite was studied using 1 mol/L NaCl, with zeolite/liquid ratio of 1 g/10 ml for 30 min at 70°C, and consecutive adsorption-desorption cycles were repeated four times. The results are shown in Table 2. There was a slight decrease with the increase of cycle times in adsorption efficiency from 6.630 mg/g for the first cycle to 2.10 mg/g for the fifth cycle. The activated zeolite that was regenerated by four cycles in sodium solution had high ammonium-removal efficiency with its adsorption efficiency of 2.10 mg/g which is close to that of Natural zeolite (2.34 mg/g).

4 CONCLUSIONS

The characteristics of natural heulandite (NH), activated heulandite (AH) and their efficacy in removing ammonium were investigated. The following conclusions were made from the experimental results:

- 1 mol/L of NaCl, stirring time of 30 min and 70°C were found to be the optimum activation conditions for the zeolite with excellent removal of ammonium.
- The highest adsorption capacity was obtained at pH 7.0 for both Zeolites (NH & AH) and the maximum ammonium adsorption was rapidly attained within 40 min and 300 min for activated Heulandite and natural heulandite, respectively.
- The adsorption capacity of activated zeolite is decreased to 2.10 mg/g which is close to that of natural zeolite (2.34 mg/g) after being regenerated four times. Based on these results, the study shows that activated heulandite can be used as cheap, efficient and ecofriendly adsorbent for removing ammonium from water and wastewaters.

ACKNOWLEDGEMENT

The financial support of the University Grants Commission, Rajiv Gandhi National Fellowship Scheme is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- [1] Randall D.J , T.K.N. Tsui, Ammonia toxicity in fish, *Mar. Pollut. Bull.* 45 (2002)17–23.
- [2] Booker N.A, E.L. Cooney, A.J. Priestley, Ammonia removal from sewage using natural Australian zeolite, *Water Sci. Technol.* 34 (1996) 17–24.
- [3] Koon J.H, W.J. Kaufman, Ammonia removal from municipal wastewaters by ion-exchange, *J. Water Pollut. Control Fed.* 47 (1975) 448–465.
- [4] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th. Ed., Mc Graw Hill Co., New York, 2003.
- [5] Mercer, B. W., L. L. Ames, J. C. Touhill, W. J. VanSlyke and R. B. Dean, Ammonium removal from secondary effluents by selective ion-exchange. *J.WPCF.* **42** (2): R95-R107, 1970.
- [6] Culp, H. L., G. M. Wesner, and G. L. Culp, *Handbook of advanced wastewater treatment*. 2nd.Ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1978.
- [7] Klieve J.R, M.J. Semmens, An evaluation of pretreated natural zeolites for ammonium removal, *Water Res.* 14 (1980) 161–168.
- [8] Hlavay J., G. Vigh, V. Olaszi, J. Inczedy, Investigation on natural Hungarian zeolite for ammonia removal, *Water Res.* 16 (1982) 417–420.
- [9] Juan R, S. Hernandez, J.M. Andres, C. Ruiz, Ion exchange uptake of ammonium in wastewater from a sewage treatment plant by zeolitic materials from fly ash, *J. Hazard. Mater.* 161 (2009) 781–786.
- [10] Liang Z, J. Ni, Improving the ammonium ion uptake onto natural zeolite by using an integrated modification process, *J. Hazard. Mater.* 166 (2009) 52–60.
- [11] APHA., 2000 standard methods for the Examination of water and Wastewater.
- [12] Townsend RP, Loizidou M. Ion exchange properties of natural clinoptilolite, ferrierite and mordenite: 1. Sodium–ammonium equilibria. *Zeolites* 1984;4:191–5.
- [13] Lei L, Li X, Zhang X. Ammonium removal from aqueous solutions using micro-wave-treated natural Chinese zeolite. *Sep Purif Technol* 2008;58:359–66.
- [14] Wu Z, An Y, Wang Z, Yang S, Chen H, Zhu Z, et al. Study on zeolite enhanced contact–adsorption regeneration–stabilization process for nitrogen removal. *J Hazard Mater* 2008;156:317–26.
- [15] Demir A, Gunay A, Debik E. Ammonium removal from aqueous solution by ion-exchange using packed bed natural zeolite. *Water SA* 2004;28:329–36.
- [16] Zaghouane-Boudiaf H, Boutahala M. Kinetic analysis of 2,4,5-trichlorophenol adsorption onto acid-activated montmorillonite from aqueous solution. *Int J Miner Process* 2011;100:72–8.
- [17] Sarioglu M. Removal of ammonium from municipal wastewater using natural Turkish (Dogantepe) zeolite. *Sep Purif Technol* 2005;41:1–11.
- [18] Thomas JM, Thomas WJ. *Principles and practice of heterogeneous catalysis*. 3rd ed. Weinheim: Wiley-VCH; 1997.
- [19] Widiastuti N, Wu H, Ang HM, Zhang D. Removal of ammonium from greywater using natural zeolite. *Desalination* 2011;277:15–23.
- [20] Moussavi G, Talebi S, Farrokhi M, Sabouti RM. The investigation of mechanism, kinetic and isotherm of ammonia and humic acid co-adsorption onto natural zeolite. *Chem Eng J* 2011;171:1159–69.
- [21] Moussavi G, Khosravi R. Removal of cyanide from wastewater by adsorption onto pistachio hull wastes: parametric experiments, kinetics and equilibrium analysis. *J Hazard Mater* 2010;183:724–30.
- [22] Vassileva P, Voikova D. Investigation on natural and pretreated Bulgarian clinoptilolite for ammonium ions removal from aqueous solutions. *J Hazard Mater* 2009;170:948–53.
- [23] Ugurlu M, Karaoglu MH. Adsorption of ammonium from an aqueous solution by fly ash and sepiolite: isotherm, kinetic and thermodynamic analysis. *Microporous Mesoporous Mater* 2011;139:173–8.
- [24] Wang S, Zhu ZH. Characterization and environmental application of an Australian natural zeolite for basic dye removal from aqueous solution. *J Hazard Mater* 2006;136:946–52.
- [25] Nemr AE, Abdelwahab O, El-Sikaily A, Khaled A. Removal of direct blue-86 from aqueous solution by new activated carbon developed from orange peel. *J Hazard Mater* 2009;161:102–10.

Le nom comme source en onomastique: Cas de l'anthroponymie kapsiki (Extrême-nord Cameroun)

[Name as onomastic source: Case study of the Kapsiki's anthroponymy (Far North region of Cameroon)]

*Kwanye Kwada Florence*¹⁻²

¹Attachée de recherche au Centre National de l'Éducation (CNE), Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI), Cameroun

²Etudiante en cycle doctorat, option Histoire à l'Université de Maroua, Cameroun

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 name in itself is an excellent source for the study of anthroponyms of people who have not set its history in writing. When researching on the population of kapsiki, I realized that the literal definition of the name gives information on the message it carries and the history of the person appointed. Starting from the patronymic passing through the hypocoristic name and teknonym to stumble at necronym, the variation of the name Kapsiki depends on its status that equally evolved in the society.

KEYWORDS: anthroponyms, patronymic, hypocoristic name, teknonym, necronym.

RESUME: Le nom en lui-même est la source par excellence de l'étude des anthroponymes des peuples qui n'ont pas consigné par écrit leur histoire. Lors des recherches sur le peuple kapsiki, je me suis rendu compte que, la définition littérale du nom renseigne sur le message qu'il porte et sur l'histoire de la personne nommée. Partant du patronyme en passant par le nom hypocoristique et le teknonyme pour atterrir au nécronyme, la variation du nom du Kapsiki est fonction de son statut qui évolue également au sein de la société.

MOTS-CLEFS: Anthroponymes, patronyme, nom hypocoristique, teknonyme, nécronyme.

1 INTRODUCTION

Le présent sujet s'inscrit dans le champ de l'histoire du patrimoine culturel auquel appartient l'étude onomastique. De nombreux travaux ont cerné le champ d'étude portant sur l'onomastique. Néanmoins, le problème de source en onomastique demeure d'actualité. L'onomastique est la science de l'étymologie des noms en général [1]. Elle permet d'analyser l'origine des noms propres [2], de les dater et d'en discerner la signification première. Dans le cadre de cette étude, l'intérêt sera particulièrement porté sur le domaine de l'anthroponymie spécifiquement sur les patronymes, les noms hypocoristiques, les teknonymes et les nécronymes des Kapsiki de l'Extrême-nord Cameroun.

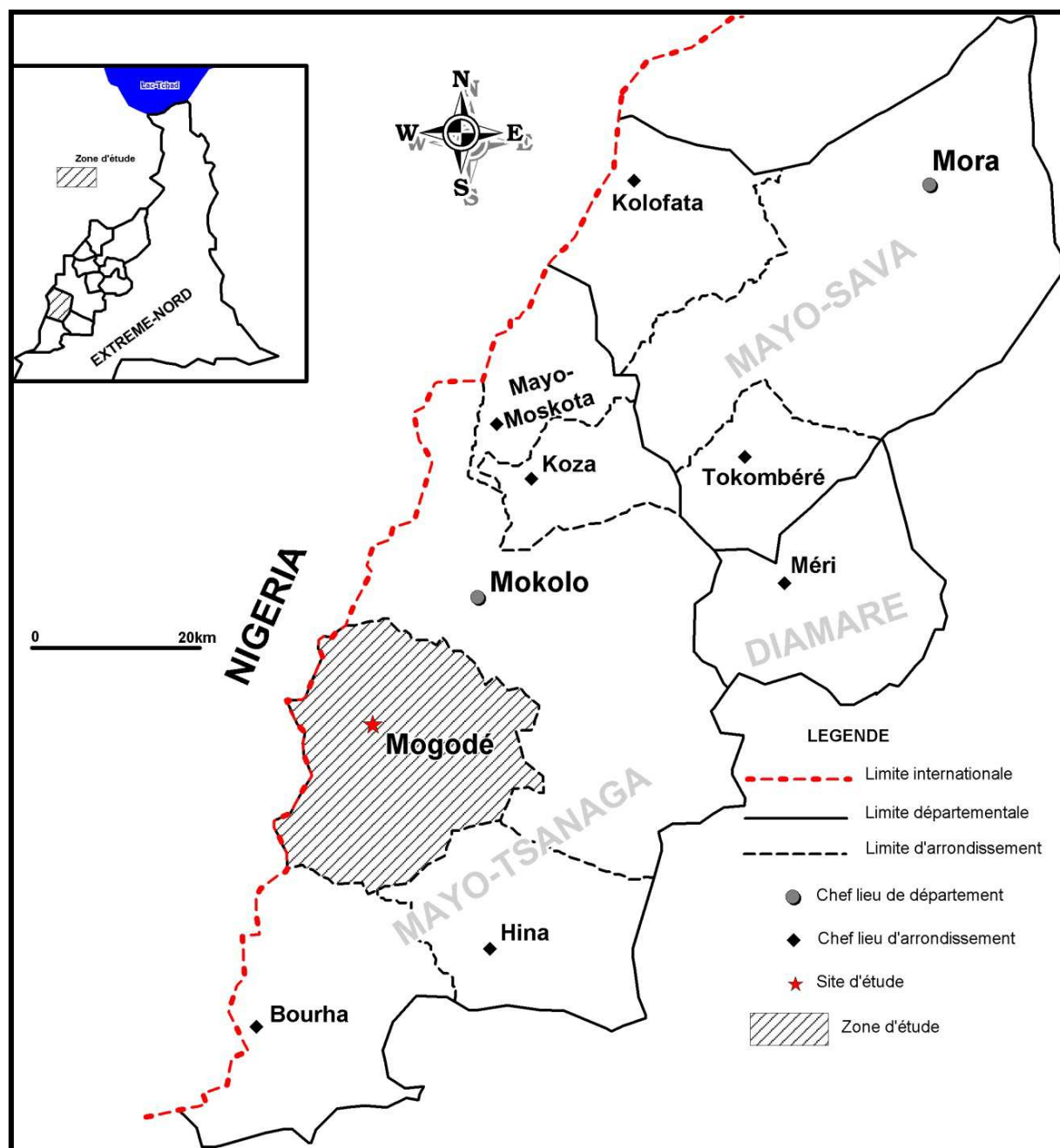


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Source : MIDIMA, 2005.

Infographie : Kwanye Kwada & Petnga Nyamen, novembre 2010.

Du grec « anthropos » qui veut dire homme et « onoma » qui signifie nom, l'anthroponymie est l'étude de l'origine et du sens des noms des personnes physiques. L'anthroponymie contribue au processus de cristallisation de l'identité d'un peuple. Elle révèle le lieu d'origine de la personne, soit par sa fréquence dans un certain endroit, soit par sa forme particulière à une région. L'étude patronymique se focalise sur l'étude des noms de familles portés par les descendants d'un ancêtre. Le patronyme est un signe d'identification à l'espace de référence du groupe, la marque d'appartenance à une lignée et l'inscription de cette lignée dans son espace de référence. Le patronyme, c'est le nom de famille transmis par le père, il place chaque membre de la famille dans la continuité généalogique. C'est le témoin du vécu de toute une collectivité.

Le nécronyme est le nom qu'on attribue à un défunt, il indique la « qualité de décédé du délocuteur tout en lui conférant une marque de respect » [1]. La culture kapsiki interdit l'utilisation du nom propre du défunt qui pourrait porter malheur et empêcher l'esprit du défunt de reposer en paix. Le nécronyme est un code ou une périphrase qui fait référence au défunt. La pratique d'utilisation du nécronyme exprime un type de relation entretenu avec la personne décédée.

Le champ anthroponymique kapsiki est spécifique de par la richesse de la typologie de noms de personnes qu'il comporte. La première particularité est la catégorie de nom-numéro qui représente les noms donnés par ordre de naissance [3]. De ces noms numéro découlent les noms hypocoristiques. Les noms de la gent féminine occupent une place de choix dans l'anthroponymie kapsiki. En effet, chez les Kapsiki le nom précède l'individu, il l'insère dans sa généalogie, et dévoile son appartenance [4]. De sa naissance à son décès la femme porte un nom qui varie en fonction de son statut et de la personne qui la nomme. L'anthroponyme de la femme kapsiki évolue en fonction de son histoire. On se pose ainsi la question de savoir: En quoi peut-on dire que le nom constitue une source permettant d'étudier les anthroponymes des femmes kapsiki de l'Extrême-nord Cameroun ? Le genre de difficulté que pose cette étude est un problème de terrain. Ce type de recherche nécessite que l'on recueille les données de façon directe, là où l'objet à étudier se trouve et dont les éléments d'analyse, de conclusions, de théorisations proviennent également. Ici le nom se trouve être sujet et objet d'étude. La plupart des données proviennent essentiellement de l'enquête directe sur le terrain menées dans le cadre de mes travaux de recherche en Master (2010-2011). Il est question dans ce travail de recenser les anthroponymes des femmes kapsiki, de les classer par catégorie et d'en faire une analyse littérale. Il en ressort que derrière chaque nom se cache une histoire Afin de mieux appréhender ce sujet il importe de présenter tour à tour les différentes catégories de noms attribués aux femmes, de les analyser progressivement afin de dégager l'importance méthodologique de l'utilisation du nom comme source en onomastique.

2 LES NOMS HYPCORISTIQUES OU « SLE TSƏGHƏ »

Le nom hypocoristique, est un nom donné pour exprimer l'affection. Le nom hypocoristique est « une adresse respectueuse, ou du moins affectueuse, susceptible d'être utilisée en dehors du cercle de famille et prenant ainsi une valeur d'usage plus générale, comble un vide dans le système des références et les moyens d'identification » [5]. Ce sont des diminutifs, des termes affectueux ou encore des appellations familières qui expriment une intention tendre, aimable et affectionnée. C'est une dénomination qui traduit la tendresse et l'attachement à l'endroit de la personne nommée. Les noms hypocoristiques français sont souvent formés par suffixation dans le sens diminutif, pour indiquer ce qui est petit, mignon, beau. D'autres noms hypocoristiques procèdent par troncation du nom d'origine. Chez les Kapsiki par contre, les noms hypocoristiques proviennent d'un registre particulier qui est associé au sexe et au nom d'ordre de naissance.

Les kapsiki désignent les noms hypocoristiques sous le vocable de « *sle tsəghə* », qui signifie nom d'éloge. Il est utilisé pour complimenter et pour flatter l'égo de la personne nommée. A chaque nom-numéro est associé un nom d'éloge. L'utilisation de cette catégorie de nom est exclusivement réservée aux personnes âgées¹. Pour qu'une personne puisse appeler le nom hypocoristique d'une autre, il faudrait qu'elle soit la supérieure ou l'égale d'un parent de la personne nommée. Sinon l'utilisation de ce nom hypocoristique sera qualifiée de moquerie plutôt que de flatterie². Les parents utilisent ces noms lorsqu'ils sont de bonne humeur, ou lorsque l'enfant pose un acte qui ravit. C'est un nom d'encouragement, de félicitation qui exprime l'état d'allégresse de celui qui l'utilise. Chez les Kapsiki, à chaque nom numéro est associé un ou plusieurs noms hypocoristiques. Les noms hypocoristiques liés aux noms-numéros sont listés dans le tableau ci-dessous :

¹ Eliya Trimtché, 77 ans, cultivateur, entretien du 25 juillet 2010 à Gouria

² Tige Zera, 76 ans, cultivateur, entretien du 10 juillet 2010 à Gouria.

Tableau n°1 : Noms hypocoristiques des enfants de sexe masculin

Rang de naissance	Noms numéros masculin	Noms hypocoristiques masculin
Premier	Təgɛ	Geza
Deuxième	Zera	Zeramba
Troisième	Dɛli	Ramba
Quatrième	Vendə	Tsamba
Cinquième	Kwaji	Məji
Sixième	Terə	Kwənə / ghale
Septième	Senə	Kwənə / ghale
Huitième	Kwada	Kwənə / ghale
Neuvième	Yenɛ	Kwənə / ghale

Source : nos informateurs

Le tableau ci-dessus représente les noms hypocoristiques qu'on utilise pour les personnes de sexe masculin et montre la correspondance entre les noms numéros et les noms hypocoristiques. Le tableau suivant présente les noms d'ordre de naissance et les noms hypocoristiques des personnes de sexe féminin.

Tableau n°2 : Noms hypocoristiques des enfants de sexe féminin

Rang de naissance	Noms numéros féminin	Noms hypocoristiques féminin
Premier	Kəve	Geza
Deuxième	Messə	Massamba
Troisième	Kwaramba	Ramba
Quatrième	Kwanyɛ	Tsamba
Cinquième	Kwaji	Məji
Sixième	Kwaterə	Kwənə / ghale
Septième	Kwasenə	Kwənə / ghale
Huitième	Kwada	Kwənə / ghale
Neuvième	Kwayenɛ	Kwənə / ghale

Source : informateurs

On remarque que pour tous les noms numéros, les noms hypocoristiques sont identiques au masculin et au féminin, exception faite de ceux des deuxièmes nés. Le nom d'éloge de *Zera* est *Zeramba*, tandis que celui de *Messə* est *Massamba*. À partir de la sixième naissance on utilise *Kwənə*, comme nom de compliment. Parce que ce sont des enfants choyés par les parents. C'est ce qui explique le fait qu'on les appelle aussi *Ghale*, qui veut dire « vieux, vieille » en référence à l'âge supposé des parents au moment de la naissance de ces derniers. Ils sont donc dorlotés tout comme tous ceux qui naissent après le neuvième enfant.

Les enfants de la vieillesse, c'est-à-dire tous ceux qui viennent après le neuvième né, ont plusieurs noms d'éloges parce que ce sont des enfants que les parents protègent beaucoup. Les parents aiment les flatter, les aduler. Pour les personnes de sexe masculin on utilise « *Ndemeha* », qui veut dire « celui de la vieillesse ». Tandis que pour les personnes de sexe féminin, le nom hypocoristique est « *Kwameha* », pour signifier « celle de la vieillesse ». On utilise aussi « *Ghale* », vieux ou vieille, pour complimenter les « enfants de la vieillesse ». En plus de ces différents noms hypocoristiques on emploie aussi les noms élogieux des neufs premiers enfants pour flatter l'égo des « enfants de la vieillesse ». Puisque à partir de la neuvième naissance on reprend les mêmes noms numéros en y ajoutant *Meha* devant chaque nom pour préciser que c'est le premier, deuxième, ..., neuvième enfant de la vieillesse. C'est dire qu'on peut utiliser le nom hypocoristique *Geza* pour flatter la

première né *Kave*, et pour la dixième né on dira *Kave Meha*. Parce que c'est le nom *Kave* qui détermine l'attribution du nom d'éloge *Meha* sert juste de précision³.

Hormis les définitions donnés aux noms hypocoristiques précédents, on remarque que les autres noms, c'est-à-dire *Geza*, *Zeramba*, *Massamba*, *Ramba*, *Tsamba*, *Maji*, et *Kwana* sont présents dans les anthroponymes des ethnies voisines au peuple kapsiki. Une étude comparée des noms hypocoristiques kapsiki et des anthroponymes de certains peuples des Monts Mandara méridionaux prouvent à suffisance que, la majorité des peuples de la partie Sud Mandara entretiennent une parenté onomastique qui serait la résultante d'une cohabitation ancienne, d'une alliance matrimoniale ancestrale ou d'une histoire de migration commune à ces peuples. Nous avons comparés les noms hypocoristiques kapsiki aux noms dans les langues voisines, avec lesquels ils ont des ressemblances phonétiques [6].

Le nom flatteur *Geza* que les Kapsiki utilisent pour complimenter les premiers enfants des deux sexes confondus ressemble au nom *Kesa* que les Guidar et les Daba donnent à leur premier enfant de sexe féminin.

Le nom hypocoristique du deuxième enfant de sexe masculin chez les Kapsiki, est *Zeramba*. Ce nom est semblable au nom chrono-sexuel *Zourmba* que les Guidar, les Mazagway Hidi, les Daba, et que les Hina, donnent à leur deuxième enfant garçon. Pour le nom d'affection de la deuxième née *Massamba*, nous n'avons trouvé d'affinité qu'avec le nom *Massakoua* que les Daba donnent au troisième enfant de sexe féminin.

Le nom *Toumba*, du troisième enfant de sexe masculin chez les Guidar et chez les Daba, correspond au nom d'éloge *Tsamba*, que les Kapsiki utilisent pour exprimer de l'affection envers un enfant né en quatrième position.

Chez les Guidar le nom du cinquième enfant garçon est *Madi*, chez les Mofou Gudur *Medi* est le nom d'ordre de naissance des cinquièmes enfants masculins et féminins. Ces noms ont une grande similitude avec le nom hypocoristique, *Maji*, que les Kapsiki utilisent pour les enfants nés en cinquième position.

Kwana, nom hypocoristique des sixièmes, septièmes, huitièmes, et neuvièmes enfants des deux sexes chez les Kapsiki, correspond au nom *Konai* que les Mofou Gudur donnent à leur quatrième enfant, et que les Hina donnent à leur quatrième fille.

Les noms hypocoristiques liés aux noms chrono sexuels chez les Kapsiki sont les séquelles d'une ancienne cohabitation ou d'une vieille alliance qui aurait existée entre ces différents peuples du Sud des Monts Mandara. On constate que les Kapsiki et les peuples qui habitent le Sud des Monts Mandara ont entretenu des relations et des alliances qui se matérialisent dans la parenté anthroponymique que révèle l'étude onomastique de ces peuples.

Dans les anthroponymes kapsiki, il existe également les noms hypocoristiques liés au lieu d'origine ou à la filiation clanique. Comme chez les Ankave de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Kapsiki utilisent volontiers les termes de parenté plutôt que les noms personnels pour s'adresser à une personne du même clan ou du même village [7]. Les noms hypocoristiques liés au lieu d'origine, sont des noms que chaque village se donne pour se faire honneur⁴. Seuls les membres d'un même village peuvent utiliser ces noms pour se gratifier, c'est un signe d'opulence. Certains de ces noms ont été recensés :

Kwafeta : est le nom d'éloge des habitants du village Mogodé. Ce nom trouve son origine dans le nom *Kafeta magweda*, qui est une variété de petit mil très sucré de couleur blanche qu'on consomme cru. Autrefois c'était un mil très prisé, parce que rare et coûteux⁵. Les habitants de Mogodé se comparent à ce mil pour signifier qu'ils sont bienfaisants, sociables, et conviviaux.

Kwatama : est le nom choisi par les originaires de Gouria. Dérivé de « *tama* », qui signifie « longtemps, continu ». Les habitants de Gouria utilisent ce nom d'éloge, pour illustrer leur longévité, et la durabilité de leur puissance, parce qu'auparavant Gouria était le village qui avait la plus puissante armée guerrière de la région.

Les habitants de Rhumzou s'appellent *Kwazheme*, ce nom est dérivé de *zheme*, Zimi⁶, qui est le nom du village voisin de Rhumzou. D'après les sources orales les habitants de Rhumzou seraient des ressortissants de Zimi. Zimi est le premier lieu

³ Kouvou Meha, 98 ans, ménagère, entretien du 12 juillet 2010 à Mogodé.

⁴ Vandi Koda, 95 ans, cultivateur, entretien du 13 juillet 2010 à Mogodé.

⁵ Makeusseu, 82 ans, chef des forgerons, entretien du 18 août 2010 Gouria.

⁶ C'est l'orthographe qu'on retrouve sur les cartes administratives de la région.

d'habitation du peuple de Rhumzou. C'est la raison pour laquelle les habitants de Rhumzou, se complimentent avec le nom de *zheme* pour marquer dans la mémoire collective l'origine dont ils sont fiers.

Les habitants de Kila ont choisi pour nom d'éloge *Kwamadiara*, parce que dans le village Kila on retrouve le *madiε*, en abondance. Le *madiε*, est une variété d'arbres dont les feuilles sont très amères, qu'on utilise pour nourrir la femme qui vient d'accoucher et ainsi que celle qui allaite.

Ndawera / Kwawera : ce nom dérive de « *Wera ta lsa* », qui signifie littéralement la « bouse de bœufs ». Lorsqu'une famille est détentrice des cheptels de bovins, elle se rend éloge avec ce nom pour dire à tous qu'elle est riche en bétail. Ce nom d'éloge est lié à l'opulence et à l'aisance financière d'une famille donnée. Toute famille kapsiki est autorisée à utiliser ce nom hypocoristique, si et seulement si elle est détentrice d'un important cheptel bovin. La possession d'un troupeau de bœuf étant pour les Kapsiki un signe distinctif de richesse.

3 LES TEKNONYMES ET LES ALLIANCES MATRIMONIALES

Un teknonyme est un nom donné pour préserver l'identité ou pour marquer l'engagement et le changement de statut de la personne nommée. L'attribution du teknonyme, désigne une métamorphose, un nouveau statut dans la société [8]. Cela signifie que la jeune fille se « séparera de ses parents et quittera ses amis, en quelques sorte, pour constituer désormais un nouveau foyer et vivre une nouvelle vie » [9]. Chez les Kapsiki les transformations teknonymiques se remarquent à la suite d'une alliance matrimoniale. Lorsqu'une femme convole en noce, elle perd son nom de jeune fille au profit d'un teknonyme que son époux aura choisi pour elle⁷. Ceci afin de signifier qu'elle est désormais inaccessible. Ce nom est donné en fonction des circonstances qui ont précédé les noces. Les teknonymes kapsiki peuvent exprimer la joie de l'époux, ce que la société disait de lui alors qu'il prétendait son épouse, ou alors, son inquiétude quant à la solidité de son couple. Le mari peut tout simplement donner un teknonyme à son épouse dans le but de narguer ses anciens rivaux. Ces teknonymes peuvent également refléter les injures, les tentatives de discorde, et les médisances qui ont précédé un mariage.

Dans la catégorie des noms qui expriment la joie du nouvel époux, on a :

Zhene wana : qui signifie littéralement « réanimer, redonner vie ». En donnant ce teknonyme, le mari veut que la communauté toute entière sache que la femme qu'il vient d'épouser lui a redonné goût à la vie. Qu'elle a fait renaître en lui l'espoir alors qu'il n'espérait plus se marier. Elle est sa certitude, son espérance.

Jeghembe : signifie littéralement « rentrer dedans ». Selon le mari, son épouse est sa dernière demeure. Elle est son reposoir. Le message véhiculé par ce nom est celui de la sérénité du couple. Parce que l'homme estime avoir trouvé son âme sœur, de qui rien ni personne ne pourra le séparer.

Ghala : signifie « éternellement ». L'homme juge qu'il a trouvé sa moitié, la femme de sa vie. Elle est celle avec qui il finira ses jours. Celle avec qui il vivra éternellement.

Gwedakwe : qui veut dire « apaiser ». Selon le mari, son épouse est celle qui a apaisé son cœur, elle le rassure et lui redonne confiance en l'avenir.

Wasada : veut dire « ma chose ». C'est un message que le mari adresse à ses anciens rivaux, ceux qui prétendaient la même fille que lui. Le mari crie victoire en narguant les perdants. Il se vante en faisant savoir à tous que désormais cette femme est enchaînée à lui, elle est désormais à lui.

Un homme peut nommer sa femme en fonction de son lieu d'origine. Ce style de teknonyme résulte des mariages interethniques, et des mariages exogamiques en pays kapsiki⁸.

Kwaghwalakene : un homme peut choisir d'attribuer ce nom à sa femme si elle est d'ethnie Bana. Les Bana sont les peuples voisins des Kapsiki avec qui ils entretiennent une parenté culturelle. Ce nom dérive du nom de quartier *ghwalakini*, situé en pays Bana. Ce quartier a la réputation d'héberger de belles filles Bana ayant reçues une bonne éducation⁹.

⁷ Ndoukoubi, 66ans, cultivateur, entretien du 30 juillet 2010 à Gouria.

⁸ Ndoukoubi, 66 ans, cultivateur, entretien du 30 juillet 2010 à Gouria.

⁹ Yeng Zera, 59 ans, cultivateur, entretien du 20 août 2010 à Gouria.

Kwagheda : Ce nom est donné à une femme ressortissante de *Kama*, c'est-à-dire une femme originaire de Sir, Sirakouti ou de Roufta qui sont des villages kapsiki.

Kwagweve : c'est le nom qu'on attribue à une femme originaire de Mogodé qui représente la capitale du pays kapsiki.

Kwagwete : c'est le nom d'une originaire de *Made* qui un village nigérian frontalier aux Kapsiki. C'est un teknonyme dérivé du nom *Kwagwete Mpa*, qui veut dire « ceux du bouclier de guerre », c'est le nom avec lequel les habitants de *Made* se font éloger. Si une de leur fille est prise en mariage dans un village kapsiki son époux peut lui donner le nom *Kwagwete*, pour qu'elle ne perde pas ses origines.

Pour traduire son inquiétude, l'époux peut également choisir de nommer sa femme comme suit :

Neweda : veut dire « regarde-moi ». Dans le présent cas, le mari est sceptique. Le nouvel époux estime que la femme ne mettra pas long dans le foyer. Selon lui elle le soumet à un test pour voir s'il respectera ses engagements, sachant que la probabilité pour qu'elle ne finisse pas le restant de ses jours à ses côtés est grande.

Dzarake : veut dire « essayer ». L'homme doute de son épouse estimant qu'elle le met en observation. Si elle se sent à son aise chez lui, elle restera, sinon elle pliera bagage.

Kwadzaghake : Veut littéralement dire « celle qui mesure ». Pour le mari son épouse est juste là pour mesurer ses capacités. Elle veut tester son aptitude à prendre soin d'une femme et à gérer un foyer.

Kwaghwate : littéralement veut dire « celle qui trompe ». Pour le nouveau marié, sa femme le trompe, elle le flatte, elle ne restera pas son épouse. Elle partira un jour.

En donnant ces noms à leurs nouvelles épouses, les hommes traduisent leur inquiétude. Ils véhiculent un message qui a pour but de retenir la femme en la dissuadant. Puisqu'autrefois dans la société kapsiki, la valeur d'une femme se mesurait à sa capacité à contracter plusieurs mariages. Il était du devoir de chaque époux de pouvoir retenir sa femme d'où l'utilisation des teknonymes qui jouent aussi le rôle de persuasion.

Dans le répertoire des teknonymes que le mari donne en réponse à ce qui s'est dit alors qu'il prétendait son épouse ou pour narguer les autres prétendants, le choix est multiple. L'homme est libre d'exprimer son esprit inventif. Ainsi, on a des noms comme :

Ghwelā : signifie « toiser ». Le mari choisit ce nom parce que ses précédentes épouses n'apprécient pas la nouvelle venue. Jalouses, elles la regardent cette dernière avec dédain. En donnant ce nom le mari exhorte ses femmes à changer d'attitude vis-à-vis de leur nouvelle coépouse.

Bezemale : veut dire littéralement « gâter la femme ». Un homme attribue ce teknonyme à sa nouvelle épouse parce que les habitants du village disent de lui qu'il ne sait pas garder une femme. La communauté pense de cet homme qu'il épouse les femmes pour les abandonner par la suite. C'est généralement le cas des hommes qui contractent plusieurs mariages, qui se sont tous soldés par un divorce. Alors il attribue ce nom à sa nouvelle femme afin de congédier le mauvais sort.

Viyima : qui veut dire « ne garde pas ». Un homme peut choisir ce nom pour son épouse, lorsque les habitants du village disent de lui qu'il n'a pas les moyens financiers nécessaires à l'assouvissement des besoins d'une femme, c'est la raison pour laquelle les femmes finissent par le quitter.

Nekema : qui signifie « ne voit pas » ce nom est une réponse aux prédictions des membres du village. Un homme choisit de donner ce teknonyme, parce qu'on disait de lui qu'il ne verrait jamais une femme chez lui, qu'il restera célibataire toute sa vie et qu'il mourra sans avoir de progéniture. On dit cela d'un homme qui a essuyé plusieurs refus, qui a un âge avancé et n'est pas marié. Lorsque ce dernier réussit à contracter un mariage il donne ce nom pour signifier que la malédiction est brisée.

Certains hommes préfèrent appeler la nouvelle mariée par le nom de son père¹⁰ tout simplement. Généralement on utilise le nom-numéro du père de la femme auquel on ajoute « *wezha* », qui veut dire « fille ». Si le père de la nouvelle mariée est plutôt connu sous son patronyme, on choisira ce nom pour l'associer à *wezha*. A titre illustratif, si le père a pour

¹⁰ Deli Samuel, 45 ans, vétérinaire, entretien du 9 septembre 2010 à Mogodé.

nom-numéro *Kwada*, les membres de la belle famille de la mariée appelleront leur bru *wezha Kwada*, c'est-à-dire « la fille de Kwada ».

Si on veut plutôt utiliser un patronyme pour composer un teknonyme il faut absolument utiliser la particule onomastique « *Ta* », qui correspond à la préposition française « de ». Ainsi on aura « *wezha ta Tremce* », pour désigner la « fille de *Tremce* », ou « *wezha ta Tighwā* » pour une fille dont le père a pour patronyme *Tighwā*. Dans ce cas de formation du teknonyme, le nom du père sert de nom de filiation. Il sert à rappeler l'origine de la femme en valorisant son affiliation paternelle, puisque dans la société kapsiki l'enfant appartient au père.

Les petits frères et petites sœurs du mari doivent appeler leur belle-sœur « *mtce dā* », qui veut dire « mon ami ». C'est avec le même nom que l'épouse appelle les cadets et cadettes de son époux. Ce nom est utilisé pour renforcer les liens, et pour exprimer la joie de voir la famille s'agrandir. Les aînés du mari appelleront leur belle-sœur par le teknonyme que l'époux aura choisi pour elle. Car seuls les aînés de la femme ont le droit de l'appeler par son teknonyme.

Le nom qu'un homme donne à son épouse est utilisé aussi longtemps qu'elle restera mariée à ce dernier. Si jamais elle divorce et qu'elle se remarie ailleurs, son nouveau mari lui donnera un autre nom avec lequel on l'appellera désormais. Ce nouveau nom marque sa nouvelle situation conjugale, sa nouvelle vie. Une femme aura autant de teknonymes que de mariages contractés. Mais si une femme divorce sans toutefois se remarier elle récupère son nom de jeune fille. Un teknonyme ne saurait rester accolé à une femme divorcée.

Avec l'introduction de la culture de l'Etat civil puis du christianisme dès les années 1950 en pays kapsiki, les hommes donnent de moins en moins de teknonymes à leurs épouses. Les noms des époux servent de teknonyme. Seulement cette culture est mal adoptée, puisque les teknonymes vont dans tous les sens. Les femmes héritent de toutes sortes de noms, tantôt c'est le nom numéro, tantôt c'est le patronyme, le nom de baptême ou même le surnom de mari qui sert de teknonyme. Désormais, c'est le nom d'usage de l'époux qui est transmis à la femme, le nom avec lequel on appelle ce dernier au sein du village¹¹. Le nom hérité du mari vient ainsi se greffer à celui de la femme. Si une femme nommée *Kwaji* épouse un homme connu sous le nom *Jules*, le nom de cette femme deviendra *Kwaji Jules*, qui devient alors un nom typiquement masculin. *Jules* étant le nom de baptême du mari. Tandis que si une femme dont le prénom est *Elisabeth* épouse un homme nommé *Dabala*, son nom sera *Elisabeth Dabala*. *Dabala* étant le patronyme du mari. On constate que le nom d'usage de l'époux remplace le patronyme de jeune fille de la nouvelle mariée. Le nom du mari devient donc un indicateur.

4 LES NÉCRONYMES

Un nécronyme est un nom qu'on utilise pour identifier une personne défunte. Par respect pour le défunt et pour ne pas perturber son âme en repos, les Kapsiki ne prononcent pas le patronyme d'un mort¹². Pour cela ils utilisent les noms tels que :

Deghava Mala : qui signifie littéralement « femme panthère ». Ce nom est réservé à une personne adulte qui est décédée.

Zhiwā Gamba : veut dire « mouche de la brousse ». Ce nom illustre l'agilité et la sociabilité de la défunte.

Kwaya yelsā : signifie « celle qui pond les œufs ». Ce nom est utilisé pour une personne qui a eu beaucoup d'enfants. On estime qu'elle est fertile et valeureuse.

Kwawesa : veut dire « celle de la culture », pour signifier que la regrettée était une brave cultivatrice. On apprécie le talent d'artisan de la terre de la défunte. L'agriculture étant l'activité de prédilection du peuple kapsiki.

Il est à noter que, ces nécronymes ne sont pas associés à la mort. Bien au contraire ils confèrent une certaine immortalité à la personne décédée. C'est dire qu'en se lamentant les kapsiki ne disent pas que la personne est morte. On dit qu'elle est malade, qu'elle est absente ou qu'elle est partie. Ces nécronymes ont pour fonction d'adoucir la douleur ressentie et de créer un espoir. La belle famille de la défunte l'appelle « *Kwaghaw* », qui veut dire « celle qui a honte », pour signifier que leur bru était respectueuse et courtoise vis-à-vis d'eux. Ces nécronymes usuels témoignent du style de vie mené par la défunte avant qu'elle ne passe de vie à trépas.

¹¹ Tizé Teri, 66 ans, cultivateur, entretien du 16 juillet 2010 à Rhumsiki.

¹² Yeng Zra, 59 ans, cultivateur, entretien du 22 juillet 2010 à Gouria.

5 CONCLUSION

L'importance des anthroponymes comme source pour la recherche historique ne fait pas de doute. Qu'on les considère comme « un indice de stabilité ou de migrations, de guerres, d'alliances matrimoniales et d'infiltration étrangères » [10], l'étude de leurs caractéristiques et de leur diffusion est un préalable indispensable à la lecture et à la connaissance historique du peuple kapsiki. Le champ anthroponymique kapsiki est marqué par des spécificités représentées entre autres par les noms numéros, les noms hypocoristiques ou noms d'affection, et les noms de respect. Les patronymes sont singularisés par, les noms numéros qui sont automatiquement attribués à l'individu, par les teknonymes issus des alliances matrimoniales, et par les nécronymes qui accompagnent l'âme du défunt. Il est à préciser que dans la conception kapsiki le nom n'influence pas la personne qui le porte, l'attribution du nom n'est pas liée à la destinée de la personne nommée. Le nom donné à un enfant sert de moyen d'expression aux parents. Le nom est une estampille, une empreinte indélébile de l'histoire de la famille et de la communauté de la personne nommée. L'analyse littérale des anthroponymes des Kapsiki de l'Extrême-nord Cameroun prouvent à suffisance qu'en matière d'étude onomastique des peuples à tradition orale la source principale est le nom. Après avoir recensé le nom, il faut le disséquer afin de connaître son étymologie et sa signification littérale qui fournissent des informations sur le sens du nom, la fonction du nom mais surtout le message qu'il porte et sur la trame historiographique qu'il incarne. Les sources écrites et les sources orales viendront corroborer les indications et les renseignements que le nom aura déjà fournis par lui-même. Le nom renferme en son sein les informations essentielles à l'analyse et à la compréhension de l'onomastique du peuple kapsiki. La diversité du champ anthroponymique kapsiki est de plus en plus menacée par les cultures étrangères dont l'influence se fait ressentir à partir du XX^{ème} siècle. Les noms de personnes sont des sources de l'histoire exposés aux risques de mutation, d'aliénation et de disparition.

ANNEXE

ENTRETIENS

Noms et prénoms de l'informateur	Age	Sexe	Statut social	Date et lieu d'entretien
Deli Samuel	45 ans	masculin	Vétérinaire	06 octobre 2010 à Mogodé
Deliya Marcus	75 ans	masculin	Pasteur	24 juillet 2010 à Gouria
Eliya Trimtché Ndriki	77 ans	masculin	Cultivateur	25 juillet 2010 à Gouria
Kouvou Meha	98 ans	féminin	Ménagère	12 juillet 2010 à Mogodé
Vandi Koda	95 ans	masculin	cultivateur	13 juillet 2010 à Mogodé
Makeusseu	82 ans	masculin	Chef des forgerons	18 août 2010 à Gouria
Ndoukoumbi	66 ans	masculin	Cultivateur	30 juillet 2010 à Gouria
Tizé Teri	66 ans	masculin	cultivateur	16 juillet 2010 à Rhumsiki
Tige Zera	76 ans	masculin	cultivateur	10 juillet 2010 à Gouria
Yeng Zera	59 ans	masculin	Cultivateur	20 août 2010 à Gouria

REFERENCES

- [1] Emile, Gillon (éd.), *Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse*, Larousse, 1983.
- [2] Hamadou, Adama. "Les nouveaux prénoms des Peul du Nord-Cameroun. Historique et essai d'interprétation", *Revue de sciences sociales Ngaoundéré-Anthropos*, Vol II, pp.19-40, 1997.
- [3] Allou Kouamé, René, *Onomastique, numérologie et croyances religieuses des anciens Akan*, [en ligne] Disponible: <http://www.histoire-afrique.org> (20 août 2010)
- [4] Van Beek, W., *The Kapsiki of the Mandara hills*, Waveland Press, 1987.
- [5] Centlivres, P., et Centlivres-Demont, M., *Et si on parlait de l'Afghanistan? : Terrains et textes, 1964-1980*, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1988.
- [6] Boubou Todou, A., *Mort et onomastique chez les peuples kirdiens méridionaux*, Grand séminaire Saint-Augustin de Maroua, 2002.
- [7] Pascal, Bonnemère, *Le pandanus rouge : Corps, différence de sexes et parenté chez les Ankave-Anga, Papouasie-Nouvelle-Guinée*, CNRS, 1996.
- [8] Brahima, Kouyaté. "Alliances interethniques et onomastique chez les Malinké", *Synergies Afrique centrale*, N°3, pp.31-36, 2009.
- [9] Jaovelo-Dzao, R., *Mythes, rites et transes à Madagascar : Angaro, Joro et Tromba Sakalava*, Karthala, 1996.
- [10] Deluz Ariane. "Anthroponymie et recherche historique", *L'Homme*, tome 7, N°1, pp. 32-49, 1967.

Correlation of ER, PR and HER2 with clinico-pathological parameters in Infiltrating Ductal Carcinoma of Breast in Morocco

Wissal Mahir¹⁻³, Lamiaa Rouas¹⁻³, Mounir Ouzir¹, Driss Ferhati², Brahim Rhrab², Zaitouna Alhamany¹⁻³,
and Nadia Cherradi¹⁻³

¹Laboratory of Pathological Anatomy, Faculty of Medicine and Pharmacy of Rabat, Mohammed V University of Rabat, Morocco

²Souissi Maternity Hospital 1, CHU of Rabat, Morocco

³Laboratory of Anatomy and Pathological Cytology, Children's Hospital of Rabat, CHU 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: *Background:* The management of breast cancer is frequently based on hormone receptors [estrogen receptor (ER), progesterone receptor (PR)] and Human epidermal growth factor 2 (HER2). However, hormone receptors and HER2 status may change throughout tumor progression. The aim of this work is to correlate hormonal receptors with HER2 expression and also their correlation with other routinely used characteristics such as patient's age, tumor size, tumor grade, vascular space invasion and lymph node status in order to determine their prognostic value in infiltrating ductal carcinoma breast patients.

Methods: Seventy-eight paraffin-embedded infiltrating ductal carcinoma tissues from patients of mean age 50.33 (28 to 84) years were collected and studied using immunohistochemistry to evaluate RE, RP and HER2 status. In this retrospective study, samples were collected between January 2010 and December 2013 at the Children's Hospital of Rabat, Morocco.

Results: In our study, the prevalence of ER, PR expression and HER2 were 73,1%, 69,2% and 19,2% respectively. None of these biomarkers showed correlation with age, Tumor size and Lymph node. There was no association between HER2 expression and hormone receptors expression as well as their different phenotypes (ER/PR). On the other hand, we have found that HER2 was significantly associated with the presence of vascular space invasion ($P=0.015$), while the relationship between hormonal receptors expression and vascular space invasion was found to be not significant. Out of 78 cases, 50 patients expressed positively and simultaneously ER and PR. This relationship between ER and PR was significant ($P<0.0001$). In addition, the grade of tumor in our study was significantly correlated to the expression of ER ($P=0.028$), as well as HER2 and ER in Grade of tumor II ($P=0.025$).

Conclusions: Our results provide valuable prognostic information to guide the decision-making process for treatment of patient with infiltrating ductal carcinoma.

KEYWORDS: Infiltrating ductal carcinoma, Estrogen receptors, Progesterone receptors, Human epidermal growth factor receptors, Immunohistochemistry.

INTRODUCTION

In Morocco, breast cancer is the first most frequent female cancer and represents a major public health problem (Laamiri et al. 2015; Znati et al. 2014; Abahssain et al. 2010). According to a very recent review by Slaoui et al. (2014), the 2012 updated versions of the Cancer Registry of Casablanca and the Cancer Registry of Rabat have reported a standardized incidence of 39,9 and 49,2 per 100.000 women respectively. In a recent report by Tazi et al. (2013), a total of 491 new cases of breast cancer were registered among female's residents in Rabat during the period 2006–2008. It's important to mention

that in this study, the incidence peak of breast cancer is between 45 and 55 years, and the incidence decreases gradually after this age (Tazi et al. 2013).

Currently, the choice of adjuvant systemic therapy is based on patient's age, tumor size, histological grade, lymph node involvement, hormone receptor status, and HER2 status (Cheang et al. 2009). In routine clinical management of patients with breast cancer, there are three prognostic/predictive biomarkers used. They include estrogen receptor- α (ER α), progesterone receptor (PR), which predict the response to endocrine therapy, and the Human epidermal growth factor receptor-2, also referred as HER2/neu and *cerbB2* (HER2) which predicts the response to Her2/neu targeted agents (Allred 2010). These targeted approaches have improved prognosis and outcome among patients with ER, PR and/or HER2 positive breast carcinomas. However, patients with triple negative breast cancer (breast tumors with negative ER, PR and HER2 status) are excluded from the benefits of such targeted therapies (Carey 2011).

Molecular assays targeting these biomarkers are now routinely performed, and Immunohistochemistry (IHC) has an important role in the assessment of these prognostic and predictive factors to help guide treatment decisions in breast cancer (Mohsin et al. 2004; Gown 2008). In fact, under the clinical-pathological paradigm, ER/PR expression levels determined by IHC and HER2 levels determined by IHC or in situ hybridization (ISH) are used as predictive markers to identify subgroups of patients who are likely to benefit from anti-estrogen- or anti-HER2-directed therapies. They are also used to more precisely quantify risk of recurrence (Kittaneh et al. 2013).

The aim of this study is to evaluate the expression of HER2, ER and PR in infiltrating ductal carcinoma in breast Moroccan women and to determine the association between these markers and other prognostic parameters such as patient's age, tumor grade, tumor size, vascular space invasion and lymph node.

PATIENTS AND METHODS

Patients included in this study were recruited at the Laboratory of Anatomy and Pathological Cytology, Children's Hospital of Rabat and Souissi Maternity Hospital, from 1st January 2010 to 31st December 2013. A total of 78 patients with infiltrating ductal carcinoma breast cancer were selected. The patient's age ranged from 28 to 84 years (mean age: 50.33 years); 45 (57,7%) patients were more than 45 years old and 33 (42,3%) were between the ages of 28 and 45 (Table 1).

All tumors included in the study were classified according to the guidelines of the World Health Organization (WHO). Different histotypes, tumor size (≤ 2 cm and > 2 cm), histological grading classified in I, II, III grade (performed using the Scarff Bloom and Richardson (SBR) histological system), lymph node (absent, present) and vascular space invasion (absent, present) were recognized and reported.

The study was submitted and approved by the Faculty Research Board of Faculty of Medicine and Pharmacy, University Mohammed V of Rabat Morocco.

IMMUNO-HISTOCHEMICAL STAINING

After surgical removal of biological tissues, Immuno-histochemical analysis was performed to determine the estrogen (ER), progesterone (PR) receptors and the HER-2 protein status using standard procedures. The samples were fixed in 10% formaldehyde overnight, embedded in paraffin and sectioned using a microtome at 4- μ m. The slides using are pre-coated with gelatin to enhance adhesion of the tissue. Paraffin-embedded tissue sections were deparaffinized for 60 minutes at 60°C, by immersion in decreasing concentrations of alcohols, and rehydration to the aqueous buffer. The slides were then placed in epitope retrieval solution, contains citric acid and sodium citrate, in a 800-W microwave oven for 17 minutes. To block endogenous peroxidase bindings, we incubate samples in an oxygen H₂O₂ solution for 5 minutes, then washed with phosphate buffered-saline (PBS). To block nonspecific binding sites, a blocking serum (Ultratech HRP PNIM2391 Kit, Immunotech Protein Blocking agent) was used.

The samples were incubated for 60 minutes at room temperature with the primary monoclonal antibodies (Clone ER1D5, Immunotech) and (Clone PR10A9, Immunotech) for ER and PR receptors respectively and a polyclonal antibody (Ref A0484, Dako Heceptest) for HER2, followed by 10 minutes incubation with biotin-labeled secondary antibodies (Ultratech HRP Kit PNIM2391, Immunotech Biotinylated Secondary Antibody). The streptavidin-peroxidase complex was visualized using diaminobenzidine (3,3-diaminobenzidine) as a chromogenic substrate. Nuclei were counterstained with Harris hematoxylin.

All slices were evaluated without knowledge of the clinical outcome and nuclear staining 10% was considered a positive result for ER and PR. HER2 was scored according to the DAKO Hercep Test criteria, and the immunoreaction of specimens was divided into four groups of 3+, 2+, 1+ and 0 scores. The current American Society of Clinical Oncology (ASCO)/College of

American Pathologists (CAP) guidelines, updated in 2013, define HER2 positivity as 3+ on IHC (defined as uniform intense membrane staining of > 10% of invasive tumor cells). Patients were considered HER2-strongly positive if they had tumors scored as 3+, while tumors scored as 0/1+ were designated as HER2-negative. For immunoreaction evaluated as weak to moderate positive (2+) by IHC, Fluorescence in situ hybridization (FISH) analysis was not carried out. Control slides were given by Roche Company.

STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analysis was carried out using SPSS 20.0 software to assess the association between HER2 tissue expression, hormonal receptors and clinico-pathological features. The association between HER2, hormone receptors and other clinico-pathological factors was assessed by using the Pearson Chi-square test. *P* values < 0.05 were considered statistically significant.

RESULTS

CLINICO-PATHOLOGICAL CHARACTERISTICS

The clinic-pathological features of the cases were shown in Table 1. Tumor size, tumor grade and vascular space invasion status were available in all cases; however, lymph node status was available in 64 of the cases.

Out of 78 cases of breast IDC patients, 8 cases were grade I, 34 cases were grade II and 36 cases were grade III. The majority of patients had tumors size over 2 cm (78.2 %). 47 patients presented with Lymph node, and 17 were node negative. Only 42,3% of patients have vascular space invasion.

Table 1: Clinico-pathological characteristics of infiltrating ductal carcinoma

	n	%
Age :		
≤ 45 years	33	42,3
> 45 years	45	57,7
Tumor Grade :		
I	8	10,3
II	34	43,6
III	36	46,2
Tumor size :		
≤ 20 mm	17	21,8
> 20 mm	61	78,2
Lymph node (64 cases):		
Negative	17	21,8
Positive	47	60,3
Vascular space invasion:		
Negative	45	57,7
Positive	33	42,3
Hormone Receptors Status		
RE Negative	21	26,9
RE Positive	57	73,1
RP Negative	24	30,8
RP Positive	54	69,2
ER-/PR-	17	21,8
ER+/PR+	50	64,1
ER-/PR+	4	5,1
ER+/PR-	7	9
HER2 Status		
Negative (0 et 1+)	45	57,7
Equivocal (score 2+)	18	23,1
Positive (score 3+)	15	19,2

HER2: Human epidermal growth factor receptor 2; ER: Estrogen receptor; PR: Progesterone receptor

Our results showed that among the 78 evaluable patients, 15 cases (19,2%) of them were HER2 positive, 57 cases (73,1%) were ER positive and 54 cases (69,2%) were PR positive by IHC (Fig. 1-3). In contrast, we found that simultaneous negative expression of ER, PR and HER2 was found in 9 cases and simultaneous positive expression of ER, PR and HER2 was found in only 8 cases, while 50 patients expressed positively and simultaneously ER and PR.

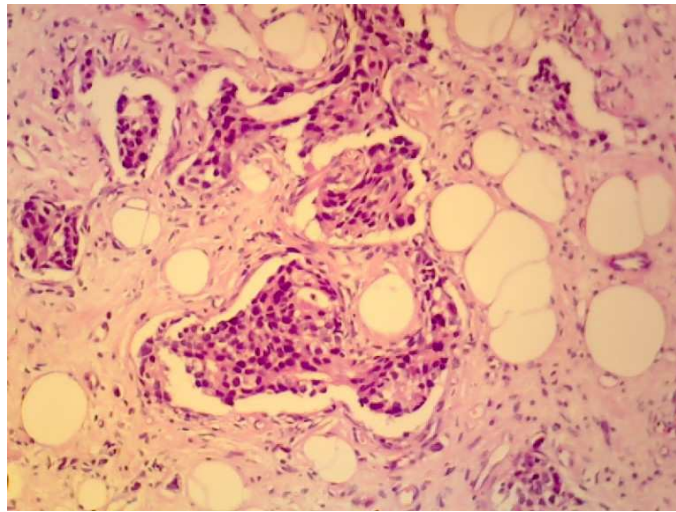


Fig.1: Example of histologic section of infiltrating ductal carcinoma. Hematoxylin and eosin stain (Gx25)

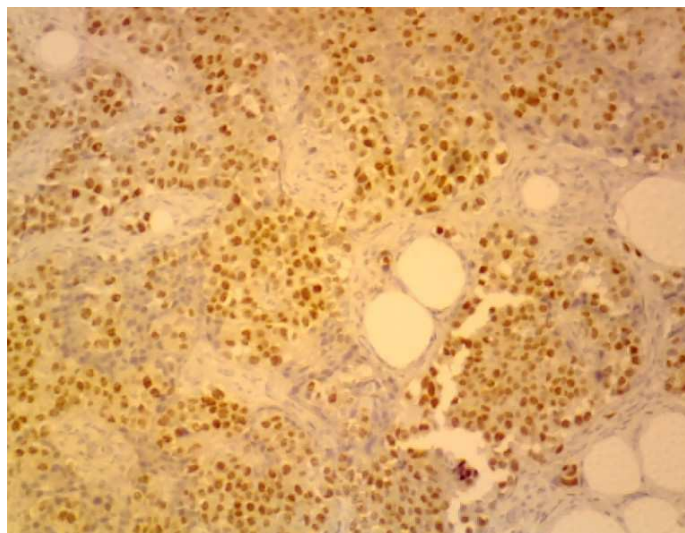


Fig.2: Example of nuclear immunostaining of ERα in infiltrating ductal carcinoma (Gx25)

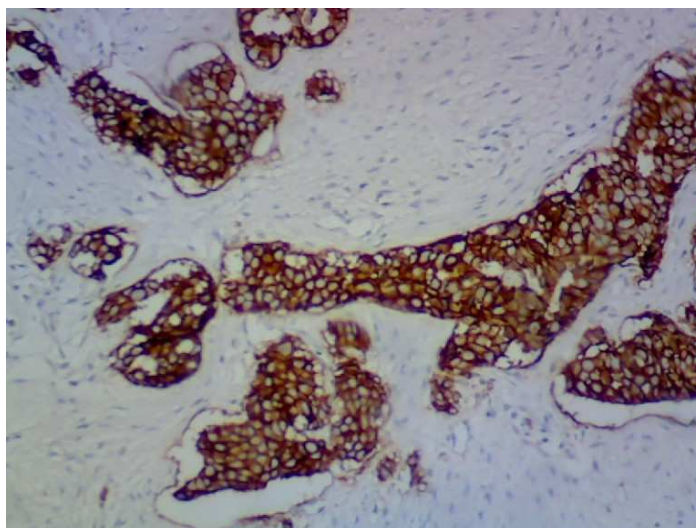


Fig.3: Example of immunostaining of HER2 in infiltrating ductal carcinoma (Gx25)

CORRELATION OF HER2, ER AND PR STATUS WITH CLINIC-PATHOLOGICAL FACTORS

The results for the association between biomarkers (HER2 and hormone receptors) expression and different clinic-pathological factors in infiltrating ductal carcinoma are given in Table 2.

Our results showed no statistical significant correlation in reactivity of these biomarkers and age, Tumor size and Lymph node. In addition, we found that Grade II and III tumors expressed ER and PR more than grade I tumors. In contrary to previous studies in Morocco who found a significant correlation between tumor grade and both ER and PR expression (Bouchbika et al. 2012), we found that Grade of tumor was only significantly correlated with the expression of ER ($P=0.028$).

On the other hand, HER2 was significantly associated with the presence of vascular space invasion ($P=0.015$). However, the relationship between hormone receptors expression and vascular space invasion was found to be not significant.

We observed also that ER and PR expression was increased in HER2 negative tumors (32 cases for each hormone receptors) compared to HER2 positive tumors (11 and 9 cases respectively). However, no significant correlation was found between ER and PR expression and HER2 expression ($P=0.865$; $P=0.687$ respectively). Moreover, the relationship between HER2 expression and different ER/PR phenotypes (ER-PR-, ER-PR+, ER+PR- and ER+PR+) was not significant ($P=0.910$). However, we have found a positive correlation between ER and PR ($P<0.0001$).

Table 2: Correlation of HER-2, ER and PR status with clinic-pathological factors

	HER ₂ (n)				ER (n)			PR (n)		
	Negative	Equivocal	Positive	<i>P value</i>	Negative	Positive	<i>P value</i>	Negative	Positive	<i>P value</i>
Age :										
≤ 45 years	18	9	6	0.353	8	25	0.256	11	22	0.224
> 45 years	27	9	9		13	32		13	32	
Tumor Grade :										
I	5	3	0	0.162	5	3	0.028	5	3	0.112
II	22	8	4		10	24		10	24	
III	18	7	11		6	30		9	27	
Tumor size :										
≤ 20 mm	8	5	4	0.603	4	13	0.492	5	12	0.572
> 20 mm	37	13	11		17	44		19	42	
Lymph node (64 cases):										
Negative	9	5	3	0.872	4	13	0.439	4	13	0.316
Positive	26	11	10		14	33		16	31	
Vascular space invasion:										
Negative	32	6	7	0.015	11	34	0.373	11	34	0.122
Positive	13	12	8		10	23		13	20	
Hormonal Receptors Status:										
ER Negative	13	4	4	0.865			<0.0001			
ER Positive	32	14	11							
PR Negative	13	5	6	0.687	17	7				
PR Positive	32	13	9		4	50				
ER-/PR-	10	3	4	0.910						
ER+/PR+	29	12	9							
ER-/PR+	3	1	0							
ER+/PR-	3	2	2							

ASSOCIATION BETWEEN HER2 STATUS AND HORMONE RECEPTORS BY STRATIFICATION WITH TUMOR GRADE IN INFILTRATING DUCTAL CARCINOMA

The frequencies of HER2 expression stratified according to tumor grade (I, II and III) in relationship with hormone receptors status (ER and PR) are summarized in Tables 3a and 3b. Results stratified according to tumor grade show a significant association between HER2 expression and ER subtype in grade II tumor only ($P=0.025$).

Table 3a: Association between HER2 status and ER stratified according to tumor grade

Grade	ER status	HER2 status			P value
		Negative	Equivocal	Positive	
Grade I	ER (+)	3	0	0	0.179 ^a
	ER (-)	2	3	0	
Grade II	ER (+)	15	8	1	0.025
	ER (-)	7	0	3	
Grade III	ER (+)	14	6	10	0.643
	ER (-)	4	1	1	

Table 3b: Association between HER2 status and PR stratified according to tumor grade

Grade	PR status	HER2 status			P value
		Negative	Equivocal	Positive	
Grade I	PR (+)	3	0	0	0.179 ^a
	PR (-)	2	3	0	
Grade II	PR (+)	16	7	1	0.076
	PR (-)	6	1	3	
Grade III	PR (+)	13	6	8	0.766
	PR (-)	5	1	3	

^a P value from Fisher's exact test.

DISCUSSION

In routine clinical practice, management of patients with breast cancer is frequently influenced by classic variables as the histological type, grade and stage, ER, PR and HER2 status (Goldhirsch et al. 2007).

Previous studies in unselected breast cancer samples described a correlation between HER2 and hormone receptors (Bouchbika et al. 2012; Ayadi et al. 2008; Almasri et al. 2005; Huang et al. 2005). However, in the present study, HER2 expression revealed a negative correlation with hormonal receptors status, which is in accordance with a recent study in ductal invasive carcinomas (Ieni et al. 2014). This negative correlation between hormone receptor and HER2 might be explained by the fact that estrogens suppress HER2 through the ER (Huang et al. 2005) and that the frequency of expression of ER and PR receptors with that of HER2 may change throughout tumor progression (for review see: Yao et al. 2013). In addition, the co-expression of hormone receptors with that of HER2 in our study is infrequent (only 8 cases) as previously reported by Ciocca et al. (2006).

Our study reports also a significant positive correlation between ER and PR expression which is similar to some previous studies (Ayadi et al. 2008; Ratnatunga et al. 2007; Grann et al. 2005). This correlation may be due to theory of ER-dependent PR synthesis (Grann et al. 2005).

Grade of tumor in our study, was significantly correlated with the expression of ER, whereas in previous studies in Morocco, both ER and PR expression were significantly correlated to grade tumor (Bouchbika et al. 2012).

The present cross-sectional study shows that in moderate- or intermediate-grade of tumor, HER2 expression is significantly related to ER subtype. This result, suggests that the prognostic value of the ER status in grade II tumors may, therefore, be more important to guides the decision-making process for patient treatment.

By contrast, in the current study, there was an association between HER2 expression and vascular space invasion. The prognostic value of vascular space invasion in breast cancer clinical management decisions remains a matter of debate. In a large and well characterized series of patients with operable breast cancers, Rakha et al. (2012), show that vascular space invasion provided a strong predictor of outcome in patients with invasive breast cancer and should be incorporated into breast cancer staging systems. However, others studies reported no association (Mohammed et al. 2011; Colleoni et al. 2007; Camp et al. 2000). Therefore, further studies are required to clarify these potential relationships.

In conclusion, the prevalence of ER, PR and HER2 among infiltrating ductal carcinoma patients is different to others unselected breast cancer samples in Moroccan studies. Our results showed positive correlation between HER2 and vascular space invasion as well as between ER and Grade of tumor. In addition, we found significant link between ER and PR and

between HER2 and ER in moderate- or intermediate-grade of tumor. These results, therefore, provide valuable prognostic information for best therapeutic decision.

Regarding the limitations of the present study, we did not use *in situ* hybridization and we investigated the biomarkers status only in infiltrating ductal carcinoma but not in other types of breast carcinoma.

COMPETING INTERESTS

The authors declare that they have no competing interests.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

Wissal Mahir, Brahim Rhrab and Driss Ferhati recruited patients. Wissal Mahir and Nadia Cherradi wrote the protocol, Wissal Mahir did the technical part. Mounir Ouzir did the statistical analysis. Wissal Mahir, Lamiaa Rouas and Nadia Cherradi have written the manuscript. Mounir Ouzir wrote the English version. All authors read and approved the final manuscript.

ACKNOWLEDGEMENTS

Part of this study was supported by the Cedoc-svs Faculty of Medicine and Pharmacy of Rabat. We acknowledge Pr. Jamal Taoufik.

REFERENCES

- [1] Abahssain H, Lalya I, El M'rabet FZ, Ismaili N, Razine R, Tazi MA, M'rabti H, El Mesbahi O, Benjaafar N, Abouqal R, Errihani H (2010) Breast cancer in moroccan young women: a retrospective study. BMC Res Notes 3:286.
- [2] Allred DC (2010) Issues and updates: evaluating estrogen receptor- α , progesterone receptor, and HER2 in breast cancer. Mod Pathol 23:S52–S59.
- [3] Almasri NM, Al-Hamad M (2005) Immunohistochemical evaluation of human epidermal growth factor receptor 2 and estrogen and progesterone receptors in breast carcinoma in Jordan. Breast Cancer Res 7(5):R598-R604.
- [4] Ayadi L, Khabir A, Amouri H, Karray S, Dammak A, Guermazi M, Boudawara T (2008) Correlation of HER-2 Over-Expression with Clinico-Pathological Parameters in Tunisian Breast Carcinoma. World J Clin Oncol 6:112.
- [5] Bouchbika Z, Benchakroun N, Taleb A, Jouhadi H, Tawfiq N, Sahraoui S, Benider A (2012) Association between Overexpression of Her-2 and Other Clinicopathologic Prognostic Factors in Breast Cancer in Morocco. J Cancer Ther 3(5A):787-792.
- [6] Camp RL, Rimm EB, Rimm DL (2000) A high number of tumor free axillary lymph nodes from patients with lymph node negative breast carcinoma is associated with poor outcome. Cancer 88:108-113.
- [7] Carey LA (2011) Directed therapy of subtypes of triple-negative breast cancer. Oncologist 16 (1):71-8.
- [8] Cheang MC, Chia SK, Voduc D, Gao D, Leung S, Snider J, Watson M, Davies S, Bernard PS, Parker JS, Perou CM, Ellis MJ, Nielsen TO (2009) Ki67 Index, HER2 Status, and Prognosis of Patients with Luminal B Breast Cancer. J Natl Cancer Inst 101:736-750.
- [9] Ciocca DR, Gago FE, Fanelli MA, Calderwood SK. (2006) Co-expression of steroid receptors (estrogen receptor alpha and/or progesterone receptors) and Her-2/neu: Clinical implications. J Steroid Biochem Mol Biol 102(1-5):32-40.
- [10] Colleoni M, Rotmensz N, Maisonneuve P, Sonzogni A, Pruneri G, Casadio C, Luini A, Veronesi P, Intra M, Galimberti V, Torrisi R, Andrighetto S, Ghisini R, Goldhirsch A, Viale G (2007) Prognostic role of the extent of peritumoral vascular invasion in operable breast cancer. Ann Oncol 18:1632-1640.
- [11] Goldhirsch A, Wood WC, Gelber RD, Coates AS, Thürlimann B, Senn HJ; 10th St. Gallen conference (2007) Progress and promise: highlights of the international expert consensus on the primary therapy of early breast cancer 2007. Ann Oncol 18:1133–1144.
- [12] Gown AM (2008) Current issues in ER and HER2 testing by IHC in breast cancer. Mod Pathol 21:S8–S15.
- [13] Grann VR, Troxel AB, Zojwalla NJ, Jacobson JS, Hershman D, Neugut AI (2005) Hormone receptor status and survival in a population-based cohort of patients with breast carcinoma. Cancer 103(11):2241-51.
- [14] Huang HJ, Neven P, Drijckoningen M, Paridaens R, Wildiers H, Van Limbergen E, Berteloot P, Amant F, Vergote I and Christiaens MR (2005) Hormone receptors do not predict the HER2/neu status in all age groups of women with an operable breast cancer. Ann Oncol 16: 1755-1761.

- [15] Ieni A, Barresi V, Caltabiano R, Cascone AM, Del Sordo R, Cabibi D, Zeppa P, Lanzafame S, Sidoni A, Franco V, Tuccari G (2014) Discordance rate of HER2 status in primary breast carcinomas versus synchronous axillary lymph node metastases: a multicenter retrospective investigation. *Onco Targets Ther* 7:1267-72.
- [16] Kittaneh M, Montero AJ, Glück S (2013) Molecular profiling for breast cancer: a comprehensive review. *Biomark Cancer* 5:61-70.
- [17] Laamiri FZ, Bouayad A, Hasswane N, Ahid S, Mrabet M, Amina B (2015) Risk Factors for Breast Cancer of Different Age Groups: Moroccan Data?. *Open J Obstet Gynecol* 5:79-87.
- [18] Mohammed RA, Martin SG, Mahmmod AM, Macmillan RD, Green AR, Paish EC, Ellis IO. (2011) Objective assessment of lymphatic and blood vascular invasion in lymph node-negative breast carcinoma: findings from a large case series with long-term follow-up. *J Pathol* 223:358-365.
- [19] Mohsin SK, Weiss H, Havighurst T, Clark GM, Berardo M, Roanh le D, To TV, Qian Z, Love RR, Allred DC (2004) Progesterone receptor by immunohistochemistry and clinical outcome in breast cancer: a validation study. *Mod Pathol* 17:1545–1554.
- [20] Rakha EA, Martin S, Lee AH, Morgan D, Pharoah PD, Hodi Z, Macmillan D, Ellis IO (2012) The prognostic significance of lymphovascular invasion in invasive breast carcinoma. *Cancer* 118(15):3670-80.
- [21] Ratnatunga N, Liyanapathirana LV (2007) Hormone receptor expression and Her/2neu amplification in breast carcinoma in a cohort of Sri Lankans. *Ceylon Med J* 52:133-136.
- [22] Slaoui M, Razine R, Ibrahimi A, Attaleb M, Mzibri ME, Amrani M (2014) Breast Cancer in Morocco: A Literature Review. *Asian Pac J Cancer Prev* 15(3):1067-1074.
- [23] Tazi MA, Er-Raki A, Benjaafar N (2013) Cancer incidence in Rabat, Morocco: 2006–2008. *Ecancermedicalscience* 7:338.
- [24] Yao ZX, Lu LJ, Wang RJ, Jin LB, Liu SC, Li HY, Ren GS, Wu KN, Wang DL, Kong LQ (2014) Discordance and clinical significance of ER, PR, and HER2 status between primary breast cancer and synchronous axillary lymph node metastasis. *Med Oncol* 31(1):798.
- [25] Znati K, Bennis S, Abbass F, Akasbi Y, Chbani L, Elfatemi H, Harmouch T, Amarti A. (2014) Breast cancer in young patient in Morocco. *Gynecol Obstet Fertil* 42(3):149-54.

Evaluation de l'efficacité du système de chauffage de l'eau en période froide avec la braise sur la croissance des *Oreochromis niloticus* à Lubumbashi (RD Congo)

[Evaluation of the efficiency of the water heater during cold period with charcoal on the growth of *Oreochromis niloticus* in Lubumbashi (DR Congo)]

Lwamba Balimwacha Jules¹, Katim Mwin A Mpa¹, Kiwaya Alunga Trésor¹, Ipungu Lushimba Raymond², and Nyongombe Utshudienyema Nathan³

¹Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Zootechnie, Unité de Recherche en Aquaculture «U.R.A. », Lubumbashi, BP 1825, RD Congo

²Université de Lubumbashi, Faculté de Médecine vétérinaire, Département de Zootechnie, Unité de Recherche en Aquaculture «U.R.A. », Lubumbashi, BP 1825, RD Congo

³Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, 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: The objective of this work is to stimulate the growth of *Oreochromis niloticus* using a simple technique for water heating during the cold period in Lubumbashi. 300 *Oreochromis niloticus* fry, weighing on average 10 grams and divided into two lots of 150 fingerlings were each used in ponds at a rate of one individual per m². Two ponds of 1.5 are each was used for this study. In one pond, ten barrel, were placed to allow heated water while in the other heating system was not used and it served as control pond. The temperature of the water was removed by using 2 Minimum Maximum thermometers off water (50 cm) and 15 cm depth in water. The results show that the average daily temperatures ponds during the study period were $22 \pm 2, 8^{\circ} \text{C}$ (in the heated pond) and $18 \pm 1, 4^{\circ} \text{C}$ (unheated pond) ($p 0.001 < .$). The average weight of juveniles obtained at the end of the study were $88.75 \pm 37 \text{ gr}$ (heated pond) differs significantly from $30.6 \pm 11 \text{ gr}$ (heated pond) ($p < 0,05$). Survival was 7.3% in the unheated pond against 50.7% in the heated pool. Feed conversion rates were 2.7 (heated pond) and - 1.89 (heated pond). The condition factor K obtained 1.2 (heated pool) against 0.7 (unheated pond). The coefficient of allometry of the length-weight relationship (b) of juveniles was equal to 3.1 (heated pond) and 1.5 (unheated pond). Cold constituting a limiting factor in the growth and reproduction of fish, the effectiveness of the water heating system with embers makes fish growth in cold period possible. So, it is a great success in the search for low-cost alternatives to an intensification of fish farming.

KEYWORDS: Heating System, *Oreochromis niloticus*, Cold Period, Lubumbashi and growth.

RESUME: L'objectif de ce travail est de stimuler la croissance d'*Oreochromis niloticus* en utilisant une technique simple de chauffage de l'eau pendant la période froide à Lubumbashi. 300 alevins *Oreochromis niloticus*, pesant en moyenne 10 gr et repartis en deux lots de 150 alevins chacun étaient utilisés dans les étangs à raison d'un individu par m². Deux étangs de 1,5 are chacun était utilisés pour cette étude. Dans l'un, dix fût, étaient placés pour permettre de chauffé l'eau tandis dans l'autre aucun système de chauffage n'était utilisé et nous a servi de témoin. La température de l'eau a été prélevée à l'aide de 2 thermomètres *maxi minima* hors de l'eau (à 50 cm) et à 15 cm de profondeurs dans l'eau. Les résultats obtenus révèlent que les températures moyennes journalières des étangs pendant la période d'étude étaient de $22 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ (dans l'étang chauffé) et $18 \pm 1,4^{\circ} \text{C}$ (étang non chauffé) ($p < 0,001$). Les poids moyen des juvéniles obtenus au terme de l'étude étaient de $88,75 \pm 37 \text{ gr}$ (étang chauffé) significativement différent de $30,6 \pm 11 \text{ gr}$ (étang non chauffé) ($p < 0,05$). La survie était de 7,3 %

dans l'étang non chauffé contre 50,7% dans l'étang chauffé. Les taux de conversion alimentaire étaient de 2,7 (étang chauffé) et de - 1,89 (étang chauffé). Le coefficient de condition K obtenu 1,2 (étang chauffé) contre 0,7 (étang non chauffé). Le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids (b), des juvéniles était égal à 3,1 (étang chauffé) et de 1,5 (étang chauffé). le froid constituant un facteur limitant la croissance et la reproduction des poissons, la mise en évidence de l'efficacité de ce système de chauffage de l'eau par la braise qui rend possible la croissance de poissons en période froide est une grande réussite dans la recherche d'alternatives peu onéreuses pour une intensification de la pisciculture.

MOTS-CLEFS: Système de chauffage, *Oreochromis niloticus*, Période froide, Lubumbashi et croissance.

1 INTRODUCTION

La culture du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) remonte de l'antiquité en Égypte, en Afrique [1]. Il a un taux de croissance élevé, une adaptabilité à une grande diversité de conditions d'élevage et fait l'objet d'une demande élevée par les consommateurs [2]. Sa production réussie aussi bien dans les systèmes intensifs que de subsistance. L'*Oreochromis niloticus* est devenu le pilier de la pisciculture du Tilapia [1]. Les tilapias sont des poissons d'eau chaude. Leur optimum de développement se situe à des températures supérieures à 20°C et allant jusqu'à plus de 30°C. La température inférieure critique semble voisine de 12 à 13°C [3].

Le recours à des techniques artificielles de production de ce poisson donne des résultats satisfaisants. Ainsi, l'*Oreochromis niloticus* est actuellement élevé dans les eaux chaudes émanant des centrales thermiques en régions tempérées [2].

Dans les régions subtropicales africaines (cours inférieur du Nil, et Afrique du Sud), où l'utilisation des eaux chaudes industrielles pour des fins piscicoles n'est pas signalée, un arrêt de croissance est observé pendant l'hiver. La reprise de croissance intervient lorsque la température de l'eau augmente [4]. Un arrêt de croissance de six mois dans le Delta Central du Niger est observé entre décembre et juillet [5]. Dans le lac Tchad, [6] et [7] observent un arrêt de croissance de cinq mois chez *Alestes baremoze* entre octobre et mars.

Dans le Sud-est africain et au Madagascar, la plupart des travaux font état d'une reprise de croissance pendant le printemps austral [8, 9]. [10] observe deux arrêts de croissance chez *Oreochromis niloticus* en juillet et en janvier au lac Alaotra. Dès lors, les arrêts ou ralentissements de croissance sont concomitants de la diminution de la température [11]. Par ailleurs, un arrêt de l'alimentation a souvent été observé, lié aux activités reproductrices [12,4]. C'est particulièrement le cas de certaines espèces de Cichlidés pratiquant l'incubation buccale est par ailleurs bien connu [13]. Ainsi, la ville de Lubumbashi, dans la province du Katanga, une des plus importantes villes de la République démocratique du Congo, jouit d'un climat tempéré chaud du type CW₆, selon la classification de Koppen. Dans ce climat il y a 6 mois de saison sèche et 6 mois de saison de pluies [14]. Pendant la période froide, avec le minimum au mois de juillet, la température varie dans l'intervalle comprise entre 18°C et -3° C [15]. Ceci affecte négativement la croissance de l'*Oreochromis niloticus*.

A Lubumbashi les pisciculteurs restent dépendants du climat qui du reste, leur impose une trêve pendant la période froide. Face à cette situation, il est plus qu'urgent et important de trouver d'autres voies et moyens pour arriver à la suppression de cette période froide et stérile pour la pisciculture à Lubumbashi. L'objectif de ce travail est des stimuler la croissance d'*Oreochromis niloticus* en utilisant une technique simple de chauffage de l'eau pendant la période froide à Lubumbashi. La ville de Lubumbashi constitue un bon cadre d'étude de la croissance d'*Oreochromis niloticus* avec le système de chauffage, en période froide. Dans la présente partie de notre travail, nous testons l'hypothèse selon laquelle le chauffage artificiel de l'eau dans les étangs à l'aide de la braise, en période froide, à Lubumbashi permettrait d'avoir une bonne croissance d'*Oreochromis niloticus*.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La présente étude a été réalisée à la station de l'Unité de Recherche en Aquaculture « U.R.A. » de l'Université de Lubumbashi. L'URA est localisée dans le site piscicole du Jardin Zoologique (S11°40'08" et E27°28'31") (figure 1).

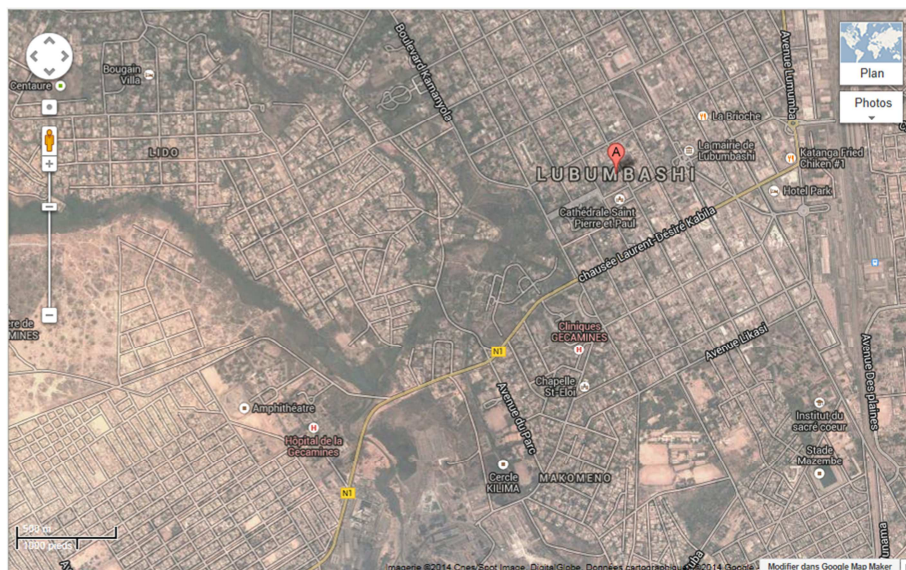


Fig. 1. Site expérimental dans la ville de Lubumbashi (Google earth, 2014).

Actuellement, trois espèces de poissons y font objet de recherche : *Oreochromis niloticus*, *Clarias ngamensis* et *Clarias gariepinus*. Les étangs dont la profondeur varie entre 120 et 80 cm, sont alimentés par la rivière Lubumbashi par le biais d'un canal de dérivation qui traverse ledit Jardin. Le climat de la ville de Lubumbashi est caractérisé par un régime pluviométrique contrasté entre une saison des pluies (de Novembre à Mars), une saison sèche (de Mai à Septembre) et une période de transition (Octobre et Avril) [14]. La température moyenne annuelle est de 20°C avec un maximum moyen journalier situé entre 31 et 33°C vers les mois d'octobre novembre pour un minimum de 4°C en Juillet [16]. L'humidité relative atteint 48%.

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

300 alevins d'*Oreochromis niloticus*, pesant en moyenne 10 gr / alevin, (Photos 1) repartis en deux lots de 150 individus chacun étaient utilisés dans deux étangs expérimentaux de 1,5 are chacun : l'un chauffé et l'autre non chauffé (Photos 2 & 3). La densité de mise en charge était de 1 individu par m² [17]; Centre pour le [18], [19] Pendant douze semaines dont huit en la période froide et quatre en période chaude à Lubumbashi, le gain de poids, la conversion alimentaire et la survie d'*Oreochromis niloticus* ont été comparé pour les deux lots à la fin de l'étude. Dans un étang, dix fûts étaient placés pour permettre de chauffer l'eau tandis que dans l'autre, le témoin, aucun système de chauffage n'a été utilisé (Photos 2 et 3). L'expérimentation a eu lieu pendant la période qui va du 13 juillet au 4 octobre 2011. Le chauffage était arrêté au bout de 8 semaines (56 jours) dans l'étang contenant les fûts quand la température de l'eau dans le témoin est passée au dessus de 22°C, le minimum requis pour une bonne croissance d'*Oreochromis niloticus*. Les alevins étaient nourris avec l'aliment flottant (35 % de PB). La ration journalière était de 5% de la biomasse fractionnée en deux parties égales et distribuées en deux repas par jour : à 8 heure et 17 heures [20]. 30 kg de braise étaient utilisés tous les jours en raison de 3 kg par fût et par jour. Le feu était allumé chaque jour à 18 heures. La température de l'eau dans les deux étangs était prélevée tous les jours, heure par heure, au même endroit à 15 cm de profondeur. Pour réaliser nos travaux, nous avons utilisés le matériel non biologique et biologique (Photos 1 ; 2 et 3). La quantification pondérale des juvéniles d'*Oreochromis niloticus* s'est faite à l'aide d'une balance électronique tel que l'indique la Photos 1 ci dessous.



Photo 1. Pesée des alevins



Photo 2. Etang avec système de chauffage rempli d'eau



Photo 3. Etang avec système de chauffage (A) et le témoin (B) a vide (photo Jules Lwamba).

Le gain de poids, le taux de survie, le taux de conversion alimentaire « TCA », le coefficient de condition « K », facteur de condition relatif « Kr » et la quantité d'aliment consommé étaient calculés à l'aide des données prélevés sur les poissons au début et à la fin de l'expérimentation douze semaines plus tard.

Gain de poids = poids final – poids initial

Taux de survie (T S) = ((Nombre initial – nombre final)/nombre initial) x 100

Taux de conversion alimentaire (TCA) = (Qté aliment distribuée (kg)/ (poids final-poids initial)) x 100.

Coefficient de condition (K) = $(Pt / Lt^3) \times 100$

Pt = poids total du poisson en g ;

Lt = longueur totale du poisson en cm.

Facteur de condition relatif Kr

Kr = P / aL^b

a = constante, ordonnée à l'origine de la droite de régression ;

b = comme coefficient d'allométrie de la relation taille-poids

P : poids du poisson (g).

L : longueur du poisson (cm).

Les résultats obtenus, pour les variables quantitatives, étaient représentées sous forme des moyennes $\pm$ écart type. Les comparaisons des moyennes étaient effectuées grâce au test T de student (deux catégories), à l'aide du logiciel SPSS 16.0. La valeur de $p < 0,05$ était considérée comme significative.

3 RÉSULTATS

3.1 PARAMÈTRES PHYSICO CHIMIQUES

La température moyenne au cours de nos travaux était significativement différente dans les deux étangs ($p < 0,001$). Elle était de $23,6 \pm 1,1^\circ\text{C}$ dans l'étang chauffé tandis que dans l'étang non chauffé, elle était de $18 \pm 5,1^\circ\text{C}$. En dehors de l'eau, à 50 cm de la surface, la moyenne de température était de $26,7 \pm 5,03^\circ\text{C}$ (figure 2).

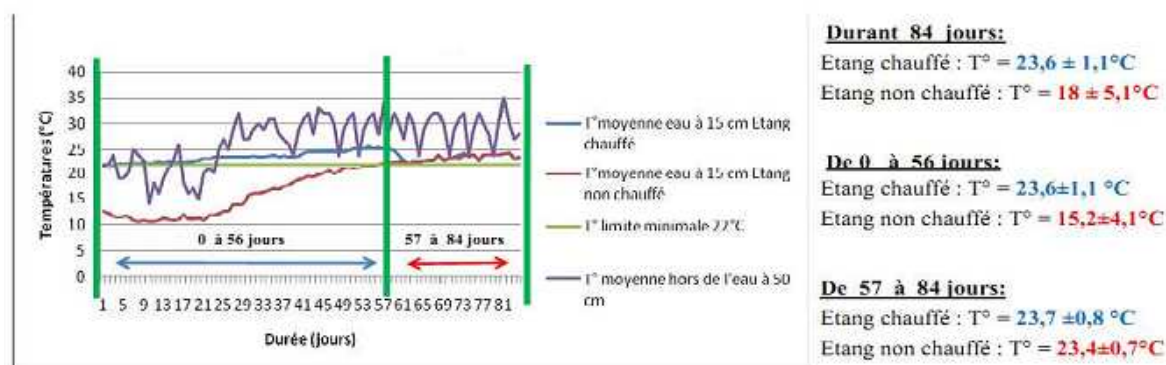


Fig. 2. Températures moyennes dans l'étang chauffé et non chauffé au cours de l'expérimentation.

Douze semaines après le début de l'expérimentation, les alevins placés dans l'étang chauffé avaient un poids moyen largement plus élevé ($88,75 \pm 37$ gr) que ceux placés dans l'étang non chauffé ($30,6 \pm 11$ gr) ($p < 0,05$; figure 6).

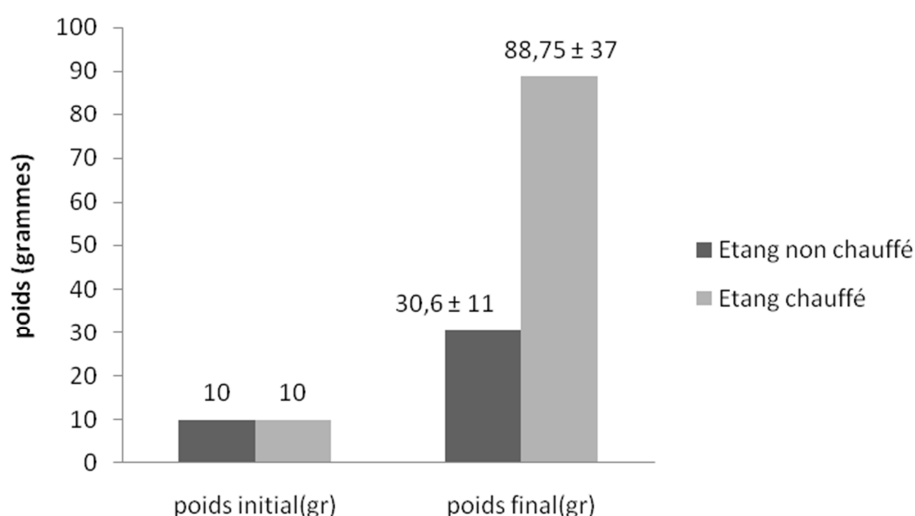


Figure 6. Evolution du poids des alevins dans deux systèmes : chauffé et non chauffé.

La survie des alevins était dans l'ensemble faible. Toutefois, dans l'étang non chauffé elle était de 7,3 % contre 50,7% dans l'étang chauffé (figure 7).

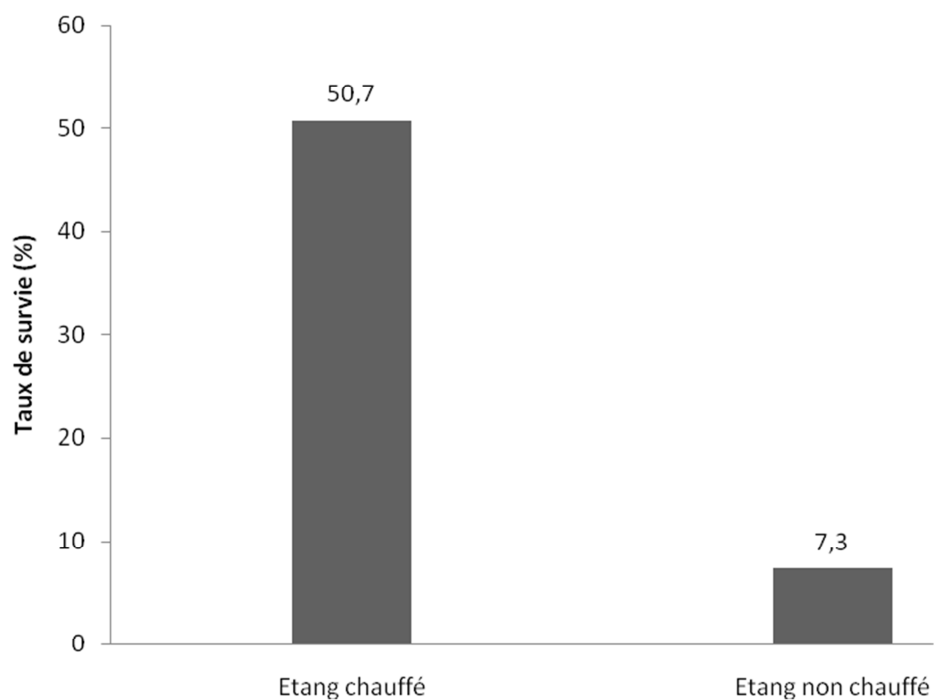


Figure 7. Taux de survie des alevins à la fin de notre étude dans l'étang chauffé et non chauffé

Les poissons placés dans l'étang chauffé ont présenté un meilleur taux de conversion alimentaire, qui équivaut à 2,7. Par contre ceux qui étaient dans l'étang non chauffé, ont perdu de poids et leur taux de conversion est négatif et il est égal à -1,89 (figure 8).

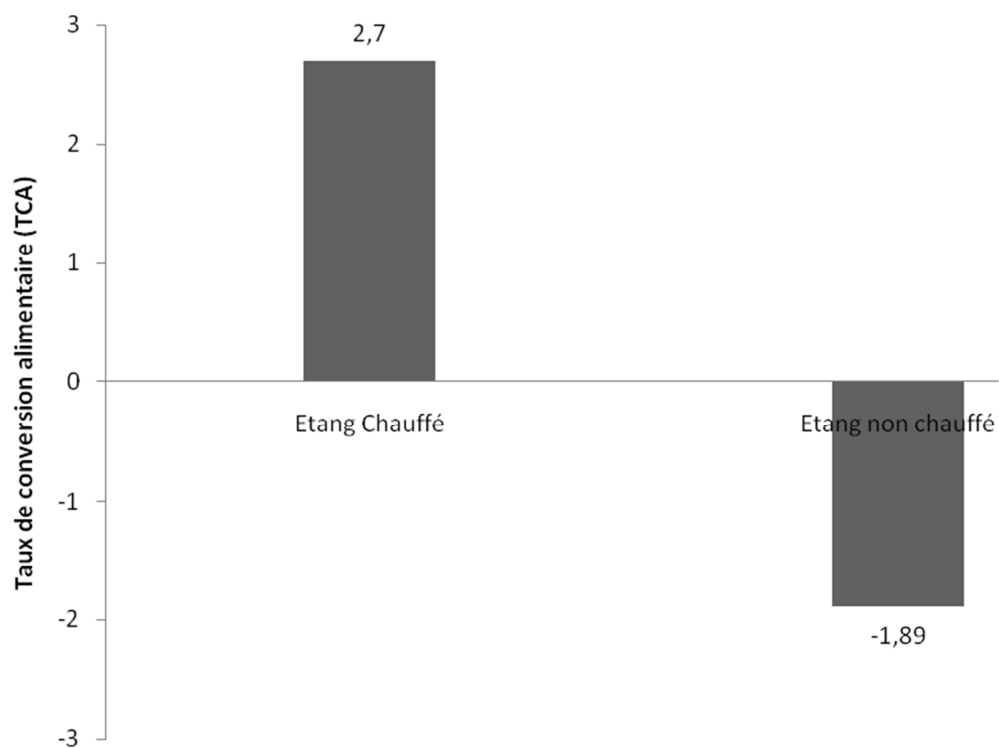


Figure 8. Taux de conversion alimentaire des alevins dans les deux systèmes.

Le coefficient de condition K pour les poissons issue de système chauffé est égal à 1,2. Pour le système non chauffé il est égal à 0,7 (figure 9).

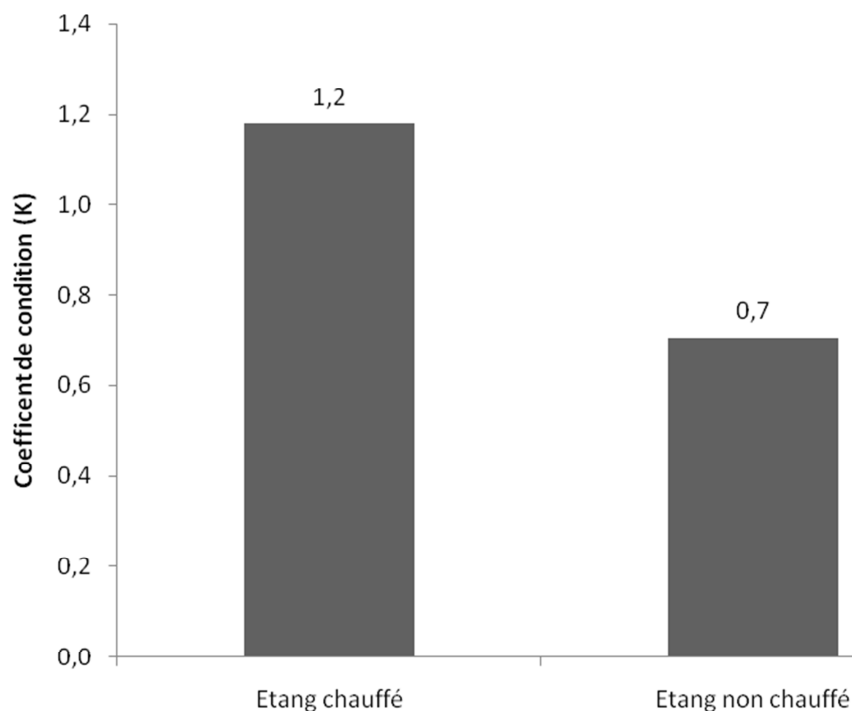


Figure 9. Le coefficient de condition des juveniles dans l'étang chauffé et non chauffé.

Au terme de notre étude, la valeur de b, coefficient d'allométrie de la relation taille-poids des poissons placés dans l'étang chauffé était égal à 3,1 tandis que ceux placé dans l'étang non chauffé la valeur de b était de 1,5 (figure 10 et 11).

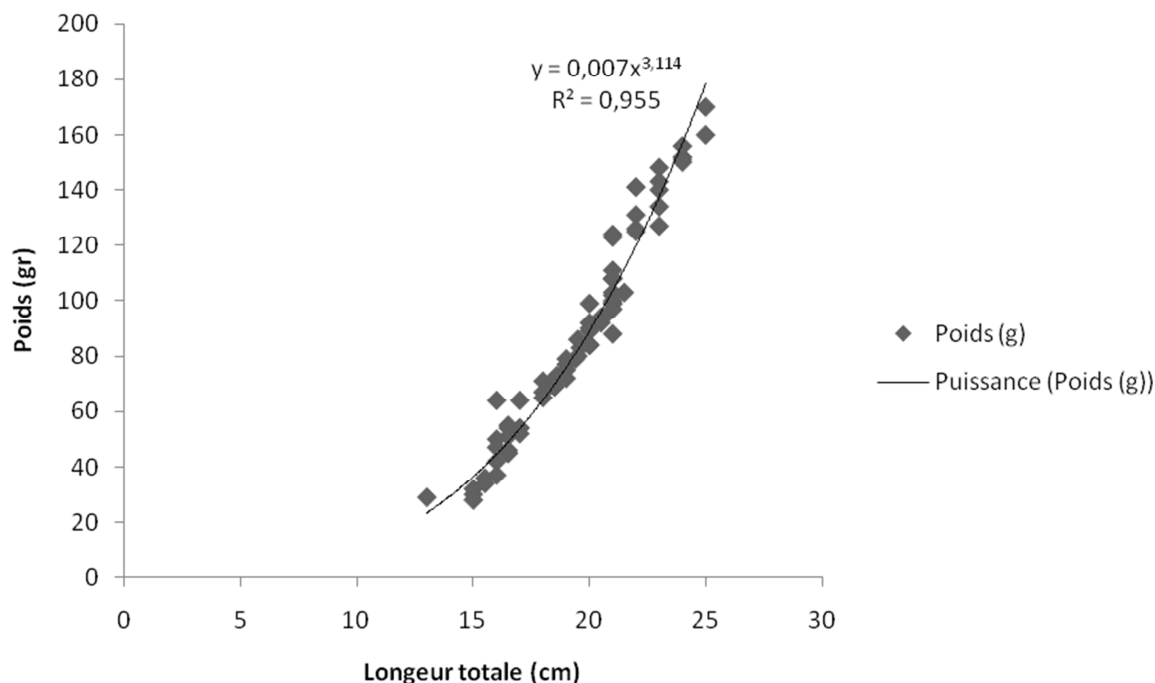


Figure 10. Courbe de l'évolution de Kr dans l'étang chauffé.

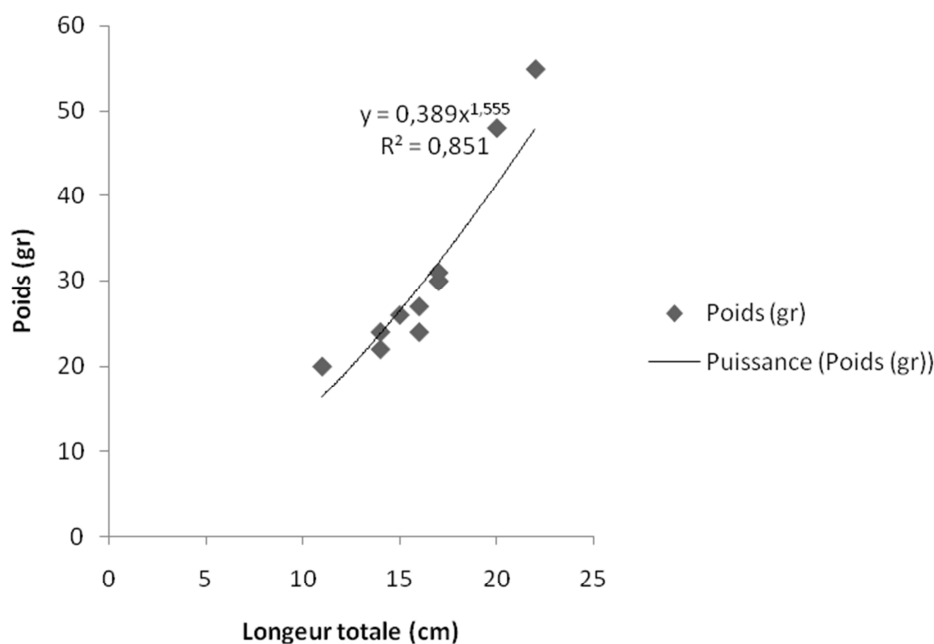


Figure 11. Courbe de l'évolution de Kr dans l'étang non chauffé.

4 DISCUSSION

La température est un indice physique qui montre de façon objective la sensation subjective de la chaleur ou du froid laissé par le contact d'un corps. L'activité du poisson dépend de la température de son corps, cette dernière varie d'un lieu à un autre. La température, en effet, influence considérablement les principales activités vitales de poissons, notamment leur respiration, leur croissance et leur reproduction [3]. Durant cette étude, la température oscillait entre 20 et 24 °C dans l'étang chauffé tandis que dans l'étang non chauffé elle a varié entre 17 et 19 °C. La gamme de température enregistrée dans l'étang chauffé était de peu inférieure à l'optimale pour la croissance d'*O. niloticus* selon [21], pour qui celle-ci se situe entre 25 et 28°C. Par rapport à [22], [4]; nos valeurs sont très basses car pour ces auteurs, les températures optimales varient entre 31 et 36°C. Par ailleurs, le système de chauffage a permis d'avoir une faible transparence : 40 cm contre 65 cm dans le système non chauffé. Ceci démontre que le chauffage de l'eau a permis d'avoir une bonne fertilité dans l'étang en plancton. Face aux différentes gammes de températures évoquées ci haut, la gamme de température enregistrée dans l'étang non chauffé est la plus basse des toutes, elle est même en dessous du minimum de [23] qui indiquent qu'en dessous de 20°C la croissance de l'*O. niloticus* s'arrête et si on continue à baisser la température, la croissance devient négative.

PARAMÈTRES PHYSICO CHIMIQUES

Les bons résultats obtenus dans l'étang chauffé et les moins bons observés dans l'étang non chauffé, en ce qui concerne le gain de poids, la survie, le taux de conversion alimentaire le coefficient d'embonpoint qui traduisent et donnent l'expression mathématique des diverses activités physiologiques (croissance, alimentation, ponte et incubation des œufs, résistance à la maladie, ...) du poisson sont en parfaite accord avec [24] qui affirme que toutes ces activités sont directement sous influence de la température. La vitesse de croissance pour les alevins placés dans l'étang chauffé était bonne et égal à 1,4 gr par jour par individu. En effet la vitesse de croissance de 1 à plus de 2 gr par jour par individu à des températures adéquates (plus de 25°C). En moyenne du stade d'alevin jusqu'à une biomasse de 300gr grandi en moyenne de ± 1 gr par jour par individu [18]. Par contre, les résultats obtenus dans l'étang non chauffé : 0,4 gr par jour par individu, mettent en évidence l'influence négative des basses températures, en période froide à Lubumbashi, sur la rapidité de croissance des alevins. En ce qui concerne le taux de survie [25] a obtenu les taux de survie variant de 82,63% ; 82,66% et 85,66% pour les trois aliments dont la teneur en *Azolla* varie de 0% d'*Azolla* ; 30% d'*Azolla* et 50% d'*Azolla* sur une période expérimentale de 123 jours avec une température variant entre 22 et 28°C. [26] a trouvé des taux de survie allant de 94,1% ; 90,7% et 77,03% avec trois aliments contenant les tourteaux de coton ; tourteaux d'arachide et tourteaux de soja à une température supérieure à 20°C. Les taux de survie suivant ont été enregistrés chez [23]: 75% et 71% avec une température variant de 24,1°C à 17,7°C.

De nos résultats, obtenus au bout de 84 jours d'expérimentation, en ce qui concerne le taux de survie, nous disons que nos taux ne sont pas aussi meilleurs dans l'étang chauffé (50,7%) que ceux des auteurs cités ci haut. De même que ceux obtenus dans l'étang non chauffé sont pires (7,3 %) que toutes les survies enregistrées précédemment. Ces résultats confirment les études de [27], [28], [29] [30], qui ont montré que les jeunes poissons sont les plus vulnérables à la variation de la température. Par ailleurs, l'état de l'embonpoint des juvéniles de l'*Oreochromis niloticus* issue de cette étude démontre qu'il existe une relation linéaire entre la longueur totale et poids total d'espèces de poissons dans les deux étangs. Ceci est en accord avec d'autres études dans les lacs et les réservoirs tropicaux [31]. Le coefficient de régression (b) obtenu dans cette étude était significativement différent de la valeur cube $b = 3,1$ (étang chauffé) et $1,5$ (étang non chauffé). Ce résultat confirme d'une bonne croissance, dite isométrique des poissons dans l'étang chauffé [32]. Ce qui n'est pas le cas dans l'étang non chauffé où b est inférieur à 3 selon les mêmes auteurs. Le coefficient b devrait être proche de 3, puisque la croissance du poids signifie une augmentation en trois dimensions, les mesures de longueur sont prises dans une dimension [33]. La valeur relativement élevée des coefficients peut être attribuée à une alimentation adéquate disponible pour les poissons [34].

Le facteur de condition de Fulton (K) exprime la rondeur parent ou un degré de bien-être des poissons. La valeur moyenne de K dans l'étang chauffé (1,2.) est légèrement inférieur à la valeur moyenne de K *O. niloticus* (1,82) et *C. carpio* (1,97) dans le réservoir Fincha [34] ainsi qu'aux valeurs rapportées pour les mêmes espèces de poissons dans les lacs de la vallée du Rift éthiopien [35]. Tandis pour l'étang non chauffé (0,7), l'écart est plus grand. Ces différents résultats peuvent trouver leurs explications par le fait que les concentrations d'hormones comme la thyroxine et l'hormone de croissance (GH), connues pour favoriser la prise alimentaire [36], sont augmentées par l'élévation de la température [37] induisant ainsi une augmentation du métabolisme général et une amélioration du coefficient de conversion alimentaire. Cependant, l'objectif de cette étude étant de vérifier l'efficacité du système de chauffage de l'eau avec la braise sur les performances de croissance des alevins d'*O. niloticus* élevés durant la période où la température est très faible à Lubumbashi. C'est donc dire que nous avons travaillé dans une gamme de température non optimale particulièrement dans l'étang non chauffé, pour cette espèce. Cela était à la base de faible performance réalisée par les poissons mis dans ces conditions. Par contre pour ceux qui ont été chauffés, les résultats étaient bons.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis d'obtenir, grâce au système de chauffage de l'eau par la braise, en période froide à Lubumbashi, avec succès une croissance de juvéniles d'*Oreochromis niloticus*. L'augmentation significative de la température de l'eau avec la braise de bois par rapport au témoin a mis en évidence l'efficacité de ce système de chauffage. Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'il y a une différence du point de vue de la production nette et de la survie entre les juvéniles soumis au système de chauffage et les juvéniles soumis système non chauffé, en période froide à Lubumbashi. Les résultats du système chauffé étaient meilleurs. Il y a lieu d'affirmer qu'il y a une différence du point de vue gain de poids entre les alevins soumis au système de chauffage et ceux qui n'étaient pas chauffé en période froide à Lubumbashi. Le système de chauffage a effectivement une influence positive sur le gain de poids journalier des alevins des *Oreochromis niloticus*. Une nette amélioration de la survie suite à l'influence du système de chauffage sur les juvéniles d'*Oreochromis niloticus* en période froide à Lubumbashi a été observée. Il en est de même de l'embonpoint et de la consommation alimentaire des *Oreochromis niloticus* qui étaient meilleur dans le système de chauffage en période froide à Lubumbashi. Il y a lieu de constater que ce système de chauffage a rendu possible l'élévation de la température de l'eau, de 18°C à 22°C, à Lubumbashi pendant la période froide et donc d'avoir une bonne croissance d'*Oreochromis niloticus*. La suppression de la période froide et stérile pour la production aquacole est donc possible. Ces résultats confirment notre hypothèse.

Néanmoins, nous estimons qu'une étude à plus grande échelle incluant un plus grand nombre de site afin d'évaluer l'adaptation et l'acceptation de cette technique d'apport de chaleur dans l'eau devrait être entreprise dans d'autres régions d'Afrique ou d'ailleurs où le froid constitue un obstacle à la production piscicole.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Professeur Gustave Beya Siku et son Excellence Moise Katumbi Chapwe pour leur contribution significative à cette étude. [1]

REFERENCES

- [1] Lazard J. Transferts de poissons et développement de la production piscicole. Exemple de trois pays d'Afrique subsaharienne. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 23 (3): 251-265, 1990.
- [2] Kestemont P., Micha J.C., Falter U. Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. Project reports. ADCP/REP/89/46. <http://www.fao.org> – Archives de documents de la FAO. 63 p, 1989.
- [3] Huet M. Traité de pisciculture, éd. CH Dewnclaert. Bruxelles : 718 p, 1970.
- [4] Bruton M.N., Allanson B.R. Growth of *Tilapia mossambica* (Pisces : Cichli- dae) in Lake Sibaya, *South Afiica. J. Fish. Biol.*, 6 : 701-715, 1974.
- [5] Daget J. Mémoire sur la biologie des poissons du Niger moyen. 1. Biologie et croissance des espèces du genre *Alestes*. *Bull. Inst. fr. Afr. noire (A)*, 14 (1) : 191-225, 1952.
- [6] Durand J.R. Biologie et dynamique des populations d'*Alestes baremoze* (pisces, characidae) du bassin Tchadien. Trav. Doc. Orstom, Paris 98. 322p, 1978.
- [7] Hopson A.J. A study of the Nile Perch *Lates niloticus* L. (Pisces, Centropomidae) in Lake Tchad. Overseas Res. Publ., no 19, 1972.
- [8] Balon E.K., Coche A.G. Lake Kariba: A man-made tropical ecosystem in Central Africa, *Monographiae Biologicae* 24, Dr. W. Junk Publ., The Hague, 766 p, 1974.
- [9] Moreau J. Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse Doctorat d'Etat, I.N.P. Toulouse, Publ. Ecole nationale supérieure agronomique, 38, 345 p, 1979.
- [10] Moreau J. Essai d'interprétation des annuli observés sur les écailles de *Tilapia nilotica* et *Tilapia rendalli* des lacs des hauts plateaux malgaches. III. *Observations sur Tilapia nilotica au lac Alaotra. Ann. Hydrobiol.*, 8 (3) : 363-373, 1977.
- [11] Jensen K.W. Determination of age and growth of *Tilapia nilotica* L., *T. galilaea* (Act.), *T. zillii* (Gerv.) and *Lates niloticus* C. et V. by means of their scales. *Kongelige norske Vidensk. Selsk. Forh.*, 30 (24) : 150-157, 1957.
- [12] Garrod D.J. The growth of *Tilapia esculenta* (Graham) in Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 12 (4) : 268-298, 1959.
- [13] Goldstein R.J. Cichlids of the world. THF Publications. 382p, 1973.
- [14] Leblanc M., Malaisse F. Lubumbashi, un écosystème urbain tropical. Centre international de sémiologie, Université nationale du Zaïre, 1978.
- [15] PNSAR. Monographie de la province du Katanga. 275 p, 1998.
- [16] Leblanc Y., Rosolen C., de la Noë J., Aubier M.G. Journées de planétologie, Edit. CNRS, 43 p, 1978.
- [17] Lazard, J. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étang. *Rev. Bois For. Trop.* 206: 33-50, 1984.
- [18] Centre pour le Développement Industriel. Guide Technique pour l'Elevage du tilapia. Guides pratiques. Bruxelles 1^{ère} Edition. 45p, 1998.
- [19] Lazard J., Legendre M. La reproduction spontanée du tilapia : une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine? p. 82-98. In R.S.V, Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (éds.) Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM. Conf. Proc. 41, 630 p, 1996.
- [20] Dabbadie L. Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le centre-ouest de la cote d'ivoire : approche du réseau trophique. Thèse de doctorat de l'université Paris 6. 214p, 1996.
- [21] Wohlfarth, G.W., Hulata, G. Applied genetics of tilapias. ICLARM Studies and Review, vol. 6. ICLARM, Manila, Philippines. 26 p, 1983.
- [22] Balarin J.D., Hatton J.D. *Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa*. Unit of Aquatic Pathobiology, Stirling University, 174 p, 1979.
- [23] Setlikova I., Adamek J. Feeding selectivity and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on temperate of zone aquatic macrophytes. *Czech J. Animal Sci.*, 49: 271-278, 2004.
- [24] Ali M.N.M. Effect of high water temperature on natural resistance of cultured *Oreochromis niloticus* BS. *VET. MED. J.* 17(1): 93-98, 2006.
- [25] Kanangire L. K. Effet de l'alimentation des poissons, avec azolla sur la production d'un écosystème agro piscicole en zone marécageuse au Rwanda. Thèse, presses universitaires, Namur : 220 p, 2001.
- [26] Pouomogne V. Rapport de vidange d'un étang piscicole à Nkolnguem. FAO/PSSA, Province du centre Cameroun, le 25/09/04. 2 p, 2004.
- [27] Behrends L.L., Kingsley J.B., Bulls M.J. Cold tolerance in maternal mouthbrooding tilapias: phenotypic variation among species and hybrids. *Aquaculture* 85: 271-280, 1990.
- [28] Cnaani, A., Gall, G.A.E., Hulata, G. Cold tolerance of tilapia species and hybrids. *Aquac. Int.* 8: 289- 298, 2000.

- [29] Cnaani A., Hallerman E.M., Rona M., Wellera J.I., Indelman M., Kashi Y., Gall G.A.E, Hulata G. Detection of a chromosomal region with two quantitative trait loci, affecting cold tolerance and fish size, in an F2 tilapia hybrid. *Aquaculture* 223 : 117– 128, 2003.
- [30] Atwood H.L., Tomasso J.R., Webb K., Gatlin III D.M., Low-temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors. *Aquaculture* 34: 41– 251, 2003.
- [31] Yirgaw T., Demeke A. Length-weight relationship, body condition and sex ratio of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in Lake Chamo, Ethiopia, *SINET: Ethiop. J. Sci.*, 25 (1): 19-26, 2002.
- [32] Chaudhuri H. La fécondité des hybrides de carpes indiennes et des études préliminaires sur les générations F2 de carpes hybrides, *J. intérieur du poisson. Soc. Inde*, 5: 195-200, 1973.
- [33] Zenebe T. Breeding season, fecundity, length-weight relationship and condition factor of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) in Lake Tana, Ethiopia, *SINET: Ethiop. J. Sci.*, 20(1):31-47, 1997.
- [34] Degefu. Étude sur l'état d'adaptabilité et le succès de la reproduction d'*Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) et la carpe (*Cyprinus carpio* L., 1758) dans un réservoir sous le Tropique (Fincha, Ethiopie), *International Journal of Aquaculture*, 2(10) : 65-71, 2012.
- [35] Eyualet A., Getachew, T. L'état nutritionnel saisonnières des *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) dans le lac Ziway, l'Ethiopie, *Arch. Hydrobiol.*, 124 (1) :109-122, 1992.
- [36] Le Bail P.-Y., Boeuf G. What hormones may regulate food intake in fish ? *Aquat. Living Resour.*, 10 : 371-379, 1997.
- [37] C., Weil C., Rescan P.Y., Navarro I., Gutierrez J., Le Bail P.-Y. Does the GH/IGF system mediate the effect of temperature on fish growth ? *Cybiu* 29(22): 107-117, 2005.

Age optimal des peuplements d'*Acacia auriculaeformis* et *Acacia mangium* pour la production de charbons actifs

[Optimal age of *Acacia auriculaeformis* and *mangium* stands for the production of activated carbons]

N. A. Kouadio¹, B. Coulibaly¹, K. A. N'Guessan¹, S. Traoré¹, D.O. Kra², G. P. Atheba², and A. Trokourey²

¹Laboratoire de Bioénergie, Centre National de Recherche Agronomie (CNRA)-Abidjan,
08 BP 881 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Chimie Physique, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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: Four lots of chars have been produced from woods of *Acacia auriculaeformis* and *Acacia mangium*, 8-9 and 23-24 years old. The aim of this study is to determine the optimal age of the woods in order to obtain high quality activated carbon. From the comparative analysis of physico-chemical properties of the chars, it has been found that the relative densities increase from 8-9 years old trees to 23-24 years old trees (0.39 to 0.43 for *A. auriculaeformis* and 0.31 to 0.38 for *A. mangium*). The ashes rate decreases with the increasing of the age of wood: from 1.075 to 0.990% for *A. auriculaeformis*, from 1.025 to 0.925% for *A. mangium*. Otherwise, the rate of volatiles of the chars don't practically change whatever the age and the species (from 23.24 to 23.66% for *A. auriculaeformis* and from 24.40 to 24.92% for *A. mangium*). The same tendency is observed with the rate of fixed carbon: from 74.69% and 73.58% for 8-9 years old woods, they are, respectively 74.35% and 73.16%. We can conclude that technical, economic and environmental point of view the activation of chars produced from 8-9 years old woods can be recommended.

KEYWORDS: *Acacia auriculaeformis*, *Acacia mangium*, ash rate, rate of volatiles, rate of fixed carbon, relative density.

RESUME: Quatre lots de charbons de bois produits, à partir des peuplements d'*Acacia auriculaeformis* et d'*Acacia mangium* de deux classes d'âge (8-9 ans et 23-24 ans), ont été étudiés. L'objet de l'étude est de déterminer l'âge optimal du bois de ces deux espèces, en vue de produire du charbon actif de qualité. Les résultats de l'analyse comparée des propriétés physico-chimiques des charbons de bois, montrent que la densité relative apparente augmente de la classe d'âge de 8-9 ans à celle de 23-24 ans (0,39 à 0,43 pour *A. auriculaeformis* et 0,31 à 0,38 pour *A. mangium*) ; la tendance est inversée quand on considère le taux de cendres : de 1,075 à 0,990% pour *A. auriculaeformis* et de 1,025 à 0,925% pour *A. mangium*. Le taux de matières volatiles varie peu, passant de 23,24 à 23,66% pour *A. auriculaeformis* et de 24,40 à 24,92% pour *A. mangium*. La même tendance est observée pour les taux de carbone fixe, qui de 74,69% et 73,58% pour les bois de la classe d'âge de 8-9 ans, deviennent, quand on considère la classe de 23-24 ans, respectivement 74,35% et 73,16%, pour *A. auriculaeformis* et pour *A. mangium*. L'étude permet de conclure qu'aux plans technique, économique et environnemental, les bois d'*Acacia* de la classe d'âge de 8-9 ans peuvent être conseillés pour la production de charbons actifs.

MOTS-CLEFS: *Acacia auriculaeformis*, *Acacia mangium*, taux de cendre, taux de matières volatiles, taux de carbone fixe, densité relative.

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de ses activités de recherche, le Laboratoire de Bioénergie du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire mène depuis quelques années, des études sur la valorisation énergétique, par la carbonisation, des bois des espèces ligneuses à croissance rapide, en particulier les acacias australiens. Les bois d'*Acacia auriculaeformis* et *Acacia mangium* retenus pour l'étude donnent de bons combustibles, utilisables en bois de feu et en charbons de bonne de qualité [1,2].

Les deux espèces sont deux Légumineuses arborescentes d'origine australienne qui appartiennent à la famille des *Mimosaceae*. Cette famille renferme 45 espèces réparties en 21 genres dont 6 d'origine africaine [3]. Elles ont été introduites (comme dans plusieurs autres pays tropicaux) depuis 1980 en Côte d'Ivoire pour la lutte contre la dégradation de l'environnement agricole et forestier, en vue de la régénération des jachères dégradées, de l'amélioration de la fertilité des sols agricoles et de la production de bois énergie et de service [4, 5, 6].

En vue de donner une autre valeur ajoutée au charbon de bois de ces deux Légumineuses arborescentes, une voie différente de l'énergétique est explorée : l'activation des charbons produits.

En raison de la relative faiblesse de leur coût d'utilisation et de leur disponibilité, les produits et sous-produits ligno-cellulosiques servent de précurseurs dans plusieurs études relatives à la préparation de charbon actif. Entre autres études, on peut citer celles conduites par DANISH M. et al. [7] avec le bois d'*Acacia mangium*, par KIFUANI M. K. et al. [8] en utilisant la bagasse de canne à sucre, par BALAID K. D. et KACHA I. [9] avec la sciure de bois, par ATHEBA P. et al. [10] avec comme précurseurs les coques de noix de coco et celles menées par OUATTARA P. H. K. et al., sur les coques d'arachide et de soja [11].

La présente étude vise à identifier pour chaque espèce d'*Acacia*, l'âge optimal du bois pour la fabrication du charbon actif. Pour ce faire, des analyses de densités, de taux de cendres, de taux de matières grasses et de taux de carbone fixe seront effectuées sur les charbons produits à partir des bois d'*Acacia auriculaeformis* et *Acacia mangium*.

2 MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

Deux types de matériels ont été utilisés dans ce travail : le matériel biologique et les équipements de terrain et de laboratoire.

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE D'ÉTUDE

Le bois d'*Acacia mangium* est dur et son grain est fin. Sa densité (0,60 à 0,75) est supérieure à celle des autres espèces des plantations artificielles. Il peut être utilisé pour fabriquer, entre autres, des panneaux et du contre-plaqué. C'est un bon combustible et le charbon est de bonne qualité [1].

Le bois d'*Acacia auriculaeformis* est de cœur brun clair, dur, mi-lourd avec une densité variant entre 0,6 et 0,8 et durable. Il est apprécié en ébénisterie, comme bois d'œuvre. Il est un bon combustible (bois de feu, charbon) et il convient à la fabrication de la pâte à papier [2].

Les échantillons utilisés dans l'étude ont été prélevés dans des peuplements d'*Acacia mangium* et *Acacia auriculaeformis* âgés de 8 à 9 ans et de 23 à 24 ans, installés sur le site de recherche forestière du CNRA d'Anguédédou, situé en banlieue Nord d'Abidjan. Pour chaque espèce, des billons sont constitués par rapport aux deux classes d'âge.

2.2 MATÉRIEL TECHNIQUE D'ÉTUDE

Une tronçonneuse de marque STIHL 70 a été utilisée pour abattre les arbres et débiter les billons. Deux balances (SARTORIUS de précision 1/1000 et METTLER P10 de précision 1/10) et un pèse-personne ont servi pour les différentes pesées. Un four-cornue de laboratoire équipé de thermocouples et alimenté au gaz butane a été utilisé pour la carbonisation. Les autres principaux équipements de laboratoire utilisés sont : une étuve MEMMERT pour le séchage des échantillons de bois et de charbon, des dessiccateurs pour le refroidissement des charbons, une broyeuse électrique BIOBLOCK SCIENTIFIQUE pour réduire les morceaux de charbon en poudre, un four à moufle de marque CARBOLITE FURNACES utilisé pour le traitement thermique de la poudre et une chambre froide destinée à la stabilisation des échantillons de charbon.

2.3 MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

2.3.1 CARBONISATION DES BOIS D'ACACIAS

Les rondins de bois obtenus du découpage des arbres sont exposés à l'air libre, pour le séchage au soleil pendant trois mois. Cette préparation a pour but d'utiliser le vent et le soleil pour éliminer l'eau libre du bois afin d'obtenir un taux d'humidité de l'ordre de 20 à 25 %. Les rondins sont, ensuite, débités en morceaux de forme grossièrement parallélépipédique de 10 à 15 cm de longueur, de 8 à 11 cm de largeur et de 5 à 8 cm d'épaisseur (**Figure 1**). Ces morceaux de bois sont pesés, puis enfournés et carbonisés à l'aide du four-cornue, chauffé par un foyer externe alimenté au gaz butane. Le temps moyen de carbonisation est de 6h30 pour l'*Acacia mangium* et de 8h pour l'*Acacia auriculaeformis*. Dans les deux cas, le palier a été atteint entre 3h et 3h30. Le défournement est effectué plus de douze heures après la fin de la carbonisation. Ce délai est nécessaire pour le refroidissement total du charbon (**Figure 2**) et du réacteur.



Figure 1 : Tranches de bois d'Acacia



Figure 2: Echantillons de charbons

2.3.2 CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES CHARBONS DE BOIS D'ACACIA

La détermination des caractéristiques physico-chimiques (taux de cendres, taux d'humidité, taux de matières volatiles et taux de carbone fixe des charbons) est faite selon le protocole normalisé NFB 55-101 (Norme Française de spécification des charbons de bois à usage domestique). La densité relative apparente est évaluée selon le protocole mis au point par l'ex-CTFT (Centre Technique Forestier Tropical).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS DE LA CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES CHARBONS DE BOIS D'ACACIA

Les résultats de la caractérisation physico-chimique sont représentés dans les figures 3, 4, 5 et 6.

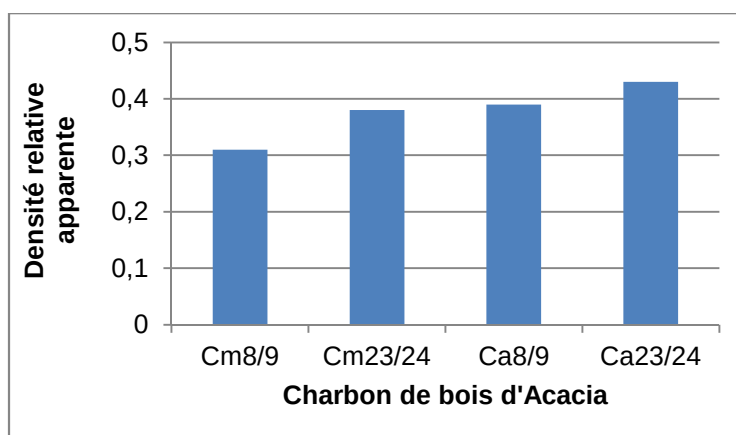


Figure 3 : Densité relative apparente de charbons d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* de 8 à 9 ans et 23 à 24 ans

Avec : Cm_{8/9}, charbon de bois d'*Acacia mangium* (âge : 8 à 9 ans)
 Cm_{23/24}, charbon de bois d'*Acacia mangium* (âge : 23 à 24 ans)
 Ca_{8/9}, charbon de bois d'*Acacia auriculaeformis* (âge : 8 à 9 ans)
 Ca_{23/24}, charbon de bois d'*Acacia auriculaeformis* (âge : 23 à 24 ans)

La densité relative apparente est calculée à l'aide de la formule : $d = \frac{M_{vc}}{M_{v0}}$

avec :

M_{vc} : la masse volumique du charbon (g/L) ;

M_{v0} : la masse volumique de l'eau = 1g/L.

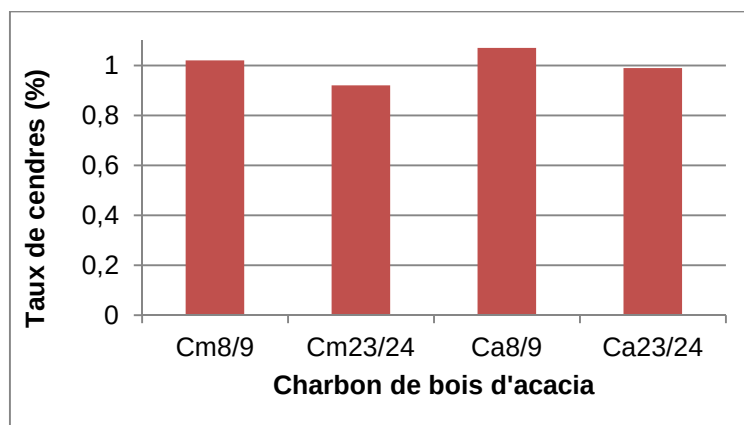


Figure 4: Taux de cendres des charbons de bois d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* de 8 à 9 ans et 23 à 24 ans

Le taux de cendres est déterminé selon la formule (Protocole NFB 55-101) :

$$C = 100 \times \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$$

avec :

m_1 : masse en g de la nacelle ;

m_2 : masse en g de la nacelle et du charbon ;

m_3 : masse en g de la nacelle et des cendres.

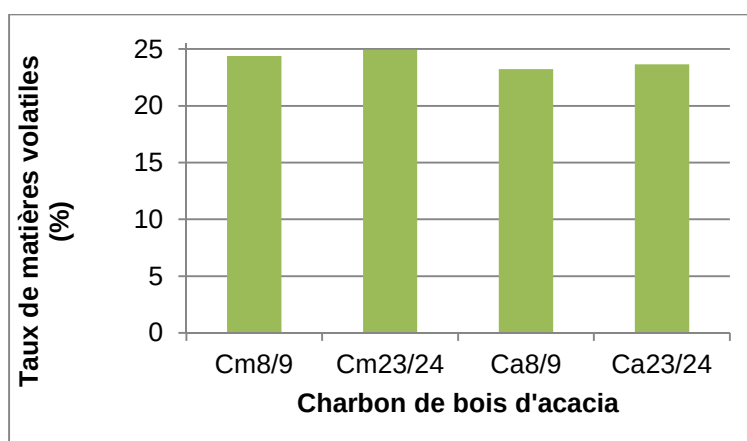


Figure 5: Taux de matières volatiles de charbons de bois d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* de 8 à 9 ans et 23 à 24 ans

Le taux de matières volatiles (ou indice de matières volatiles) est déterminé d'après la formule:

$$V = 100 \times \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} - H$$

avec :

m_1 : la masse en g du creuset vide et de son couvercle ;

m_2 : la masse en g du creuset, du couvercle et de son contenu ;

m_3 : la masse en g du creuset, du couvercle et de son contenu après chauffage ;

H : l'humidité de l'échantillon (Protocole NFB 55-101).

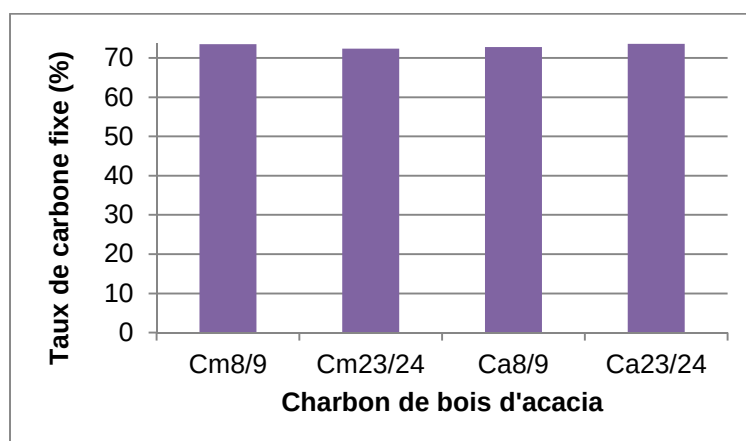


Figure 6: Taux de carbone fixe des charbons de bois d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* de 8-9 ans et 23 à 24 ans

Le taux de carbone fixe est mesuré d'après le Protocole NFB 55-101. La formule utilisée est :

$$C_F = 100 - (H + M_v + C)$$

Avec :

H : le taux d'humidité en % ;

M_v l'indice de matières volatiles en % ;

C le taux de cendres en %.

3.2 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES CHARBONS DE BOIS D'ACACIA

L'analyse des résultats de la caractérisation des charbons a porté sur les caractéristiques chimiques, qui sont le plus souvent fixées par l'utilisateur (le taux de cendres, le taux de matières volatiles et le taux de carbone fixe) [12] et la densité relative apparente. Le taux d'humidité du charbon est estimé à 1% car fraîchement défourné. Cela est conforme aux indications des archives de la FAO (1983) selon lesquelles le taux d'humidité du charbon fraîchement défourné et conservé à l'abri de l'air est inférieur à 1% [12].

3.2.1 DENSITÉ RELATIVE APPARENTE

La densité relative apparente moyenne du charbon d'*Acacia mangium* varie entre 0,31 pour Cm_{8/9} et 0,38 pour Cm_{23/24} ans. Pour les mêmes classes d'âges d'*Acacia auriculaeformis*, cette densité est respectivement de 0,39 et 0,43.

La figure 3 montre que, pour les deux types d'*Acacia*, plus le bois est âgé, plus dense est le charbon qui en est issu. La relation entre l'âge du bois et la densité du charbon pourrait s'expliquer par la duraminisation qui est une transformation progressive en bois parfait par la fermeture des vaisseaux de l'aubier. Il en résulte un bois plus résistant, plus durable et plus dense.

La carbonisation de ce bois donne un charbon plus dense que celui issu du bois plus jeune. Cela est confirmé par BRIANE et DOAT [13] qui indiquent qu'un bois dense donnera un charbon dense et un bois léger donnera un charbon de faible densité avec un coefficient massique de transformation de 50 à 65%.

En outre, quels que soient l'espèce et l'âge du bois, la faible valeur des densités prédestinent les deux précurseurs à des charbons actifs moins poreux [14].

3.2.2 TAUX DE CENDRES

Les taux moyens de cendres du charbon d'*Acacia mangium* varient entre 1,03 % (8 à 9 ans) et 0,92 % (23 à 24 ans). Pour les mêmes classes d'âges d'*Acacia auriculaeformis*, on obtient respectivement 1,07% et 0,99 %. La **figure 4** montre que les taux de cendres ont sensiblement la même valeur, pour les deux espèces aux deux classes d'âges considérées. Leur niveau relativement faible est un indicateur de conditions de carbonisation (peu d'impuretés) à l'aide du four cornue. De plus, les taux de cendres obtenus se situent dans l'intervalle indiqué par MEZERETTE et VERGNET [15] pour un charbon de bonne qualité : 0,5 à 10%. Néanmoins, pour les deux espèces de bois, on note un léger fléchissement du taux de cendres, quand l'âge du bois augmente ; ce qui laisse penser que plus le bois vieillit, moins il contient de matières minérales qui sont les éléments constitutifs des cendres. Cette assertion est confirmée par BALLERINI D. [16] qui, au sujet des ressources ligno-cellulosiques pérennes, notamment le bois, à mobiliser pour la production de bio-carburant, indique que « la concentration en éléments minéraux sera plus importante dans les peuplements jeunes que dans les peuplements matures..... ».

3.2.3 TAUX DE MATIÈRES VOLATILES

Le taux moyen de matières volatiles (ou indice moyen de matières volatiles) varie entre 24,40 et 24,92% pour le charbon d'*Acacia mangium* si l'on passe de la tranche (8 à 9 ans) à la tranche (23 à 24 ans). Pour les mêmes tranches d'âges d'*Acacia auriculaeformis*, on a, respectivement 23,24 et 23,66%. A l'analyse de la **figure 5** nous notons une légère tendance à la hausse du taux de matières volatiles en fonction de l'âge du bois. Les moyennes de 23,33% pour *A. auriculaeformis* et 18,53% pour *A. mangium* sont données par BINI K. [17] qui a utilisé, quelques années plus tôt, le même four-cornue pour la carbonisation des bois. Les écarts observés pourraient s'expliquer par les conditions opératoires : les matières volatiles ne préexistent pas dans la matière première mais prennent naissance pendant la pyrolyse. Elles comprennent, en effet, tous les résidus liquides et goudronneux qui ne sont pas totalement éliminés lors de la carbonisation. Si celle-ci est prolongée et se fait à haute température, la teneur en matières volatiles est faible. Lorsque la température de carbonisation est peu élevée et que le temps de séjour dans le four est bref, cette teneur augmente [15]. Les taux de matières volatiles déterminés pour les charbons des deux espèces aux deux tranches d'âges répondent aux « normes de charbon de qualité » définies par MEZERETTE et VERGNET [15], en étant proches de la limite supérieure de l'intervalle: 7-25%.

3.2.4 TAUX DE CARBONE FIXE

Le taux moyen de carbone fixe du charbon d'*Acacia mangium*, varie de 73,58 (8 à 9 ans) à 73,16 % (23 à 24 ans). Pour les mêmes tranches d'âges d'*Acacia auriculaeformis* l'on obtient, respectivement 74,69% et 74,35% (figure 6). Dans les essais de carbonisation, BINI K. [17] signale des taux moyens de carbone supérieurs à 70% ; soit 71,59% pour *Acacia auriculaeformis* et 78,0% pour *Acacia mangium*. Le taux de carbone fixe pour les deux espèces aux deux classes d'âge considérées se situe dans « l'intervalle idéal » (72 à 90 %) défini par MEZERETTE et VERGNET [15]. Les charbons produits à partir des deux espèces d'Acacias contiennent un taux important de carbone et peuvent être considérés comme de bons précurseurs pour leur activation.

3.3 ANALYSE STATISTIQUE DES CARACTERISTIQUES DES CHARBONS DE BOIS EN FONCTION DES ESPECES ET DE L'AGE

L'analyse statistique des résultats de la caractérisation physico-chimique des charbons d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* a été réalisée à l'aide du logiciel GenStat 4. Les tests d'égalité entre les moyennes ont été effectués, au seuil de 5 %, pour tous les caractères physico-chimiques étudiés par classe d'âge et pour chaque espèce. Les résultats sont consignés dans le **tableau I** ci-dessous.

Tableau 1: T-test d'égalité des moyennes des caractéristiques physico-chimiques des charbons de bois d'Acacias

Espèce		Densité relative apparente	Taux de cendres	Taux de matière volatiles	Taux de carbone fixe
<i>Acacia Auriculaeformis</i>	8-9 ans	0,39	1,075	23,24	74,69
	23-24 ans	0,43	0,990	23,66	74,35
	Seuil	5%	5%	5%	5%
	Probabilité	0,293	0,087	0,027	0,040
<i>Acacia Mangium</i>	8-9 ans	0,31	1,025	24,40	73,58
	23-24 ans	0,385	0,925	24,92	73,16
	Seuil	5%	5%	5%	5%
	Probabilité	0,38	0,106	0,002	0,001

Quatre importants résultats se dégagent :

- 1°) la densité relative apparente : comme pour le bois, la densité moyenne des charbons augmente avec l'âge pour les deux espèces d'*Acacia* ;
- 2°) le taux de cendres : les charbons issus des bois de la classe d'âge de 8 à 9 ans contiennent plus de cendres que ceux issus de la classe de 23-24 ans ;
- 3°) le taux de matières volatiles : la variation du taux de matières volatiles est négligeable pour les deux espèces d'*Acacia*, lorsqu'on passe de la classe de 8-9 ans à celle de 23 à 24 ans ;
- 4°) le taux de carbone fixe : comme pour le taux de matières volatiles, la différence entre les taux moyens de carbone fixe des charbons issus des bois de 8-9 ans et ceux des bois de 23 à 24 ans est négligeable.

4 CONCLUSION

Au terme de ce travail, trois importantes conclusions peuvent être tirées :

- ✓ au plan environnemental, les bois d'Acacias âgés de 8 à 9 ans peuvent être préconisés en carbonisation. Les arbres plus âgés ne donnent pas des charbons de bois qualitativement plus améliorés que les jeunes arbres. En outre, ils occupent inutilement les terres, en ces moments de pression foncière ;
- ✓ au plan économique, la récolte pour l'usage énergétique de trois cycles de 8 à 9 ans procure plus de revenus que celle d'un cycle de 23 à 24 ans ;
- ✓ aux plans scientifique et technique, les charbons de bois d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculaeformis* âgés de 8 à 9 ans affichent de bons taux de carbone fixe (entre 72 et 90 %), caractéristique essentielle recherchée pour un bon précurseur à la préparation de charbons actifs. C'est le seuil idéal à cet âge pour les deux espèces d'*Acacia* étudiées.

RÉFÉRENCES

- [1] BRISCOE, 1995, Four acacia species acid soils. Nitrogen fixing trees for acid soils; pp 265-271.
- [2] GNAHOUA G. M., NGUESSAN K. A., BALLÉ P., 2014. Les jachères de légumineuses arborescentes: Sources potentielles de bois énergie et de service en Côte d'Ivoire ; Journal of Applied Biosciences 81:7290 – 7297.
- [3] AKE-ASSI, 2001. Flore de la Côte d'Ivoire : Catalogue systématique, biogéographique et écologique. Tome I. Boissiera 57 : 307-308.
- [4] N'GUESSAN K. A., 2006. Les légumineuses arborescentes, une alternative pour la régénération des jachères. Le cas de la zone forestière en Côte d'Ivoire ; Mémoire de thèse, Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, 168 p.
- [5] DORAN J. C. et SKELTON D. J., 1982. Archives de documents de la FAO, Ressources génétiques forestières n° 11. Récolte de semences d'*Acacia mangium* en vue d'essais internationaux de provenances.
- [6] DUPUY B. et N'GUESSAN K. A., 1991. Utilisation des acacias pour régénérer les anciennes cocoteraies, Revue Bois et Forêts des tropiques, n° 230, 4^{ème} trimestre 1991.
- [7] DANISH M., HASHIM R., MOHAMAD IBRAHIM M. N., RAFATULLAH M., AHMAD T., SULAIMAN O. (2011). Effect of acidic activated agents on surface area and surface functional groups of activated carbons produced from *Acacia mangium* wood. Journal of analytical and applied pyrolysis (2013) pp 8.
- [8] KIFUANI K. M. A., NOKI V. P., NDELO DI P. J., MUKANA WA M. D., EKOKO B. G., ILINGA L. B., MUKINAYI M. J., Adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif peu coûteux à base de la bagasse de canne à sucre imprégnée à l'acide phosphorique ; International Journal of Biological and Chemical Sciences 6(3) :1337-1359 ; June 2012.

- [9] BELAID K. D. et KACHA I. ; Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant basique sur la sciure de bois. *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, vol. 24, n°2, 2011, p. 131-144.
- [10] ATHEBA P., GBASSI K. G., DONGUI B., BAMBA D., YOLOU F.s., TROKOUREY A. ; Etude de la porosité, de la surface spécifique et des fonctions de surface de charbons actifs préparés après carbonisation artisanale des coques de noix de coco. *Les technologies de laboratoire – 2014*, Volume 8, N° 34.
- [11] OUATTARA P. H. K., GOULI BI I. M., KOUAKOU U., DEMBELE A., YAPO A. J. TROKOUREY A. Preparation and characterization of activated carbons based on peanut shell (*Arachis hypogaea*), green soya shell (*Vigna radiata*); *International Journal of Science and Research (IJSR)*; Volume 3 Issue 7, July 2014.
- [12] ANONYME, 1983. Techniques simples de carbonisation ; chapitre 10 : utilisation rationnelle du charbon de bois. Archives de documents de la FAO, Département des forêts, Rome.
- [13] BRIANE D. et DOAT J., 2003. Guide technique de la *carbonisation*: la fabrication du charbon de *bois*, éditions Edisud, 179 p.
- [14] MELJAC L., Etude d'un procédé d'imprégnation de fibres de carbone activées : Modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène ; Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne et de l'Université Jean Monnet de Saint Etienne, Spécialité : Génie des Procédés, décembre 2004.
- [15] MEZERETTE C. et VERGNET L. F., 1994 – La voie thermochimique. In: ANONYME- Guide Biomasse Energie. Collection Etudes et filières, pp 144-198.
- [16] BALLERINI D. ; Les biocarburants : Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement ; pp 191-192 ; IFP Publications ; Editions TECHNIP, Paris, 2006.
- [17] BINI K. 2005. Influence sur la carbonisation des conditions de mobilisation du bois de quatre espèces australiennes du genre *Acacia* Mill. ; Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, option Ecologie végétale ; Unité de Formation et de Recherche Biosciences, Université de Cocody-Abidjan ; 2005.

Logistique et développement territorial : utilisation d'un modèle d'aide à la décision multicritère pour l'évaluation de la pertinence du positionnement industrielle et logistique cas de la région Chaouia-Ouardigha Maroc

[Logistics and territorial development: use of a model of multi-criteria decision making for evaluating the relevance of industrial and logistics positioning case of Chaouia-Ouardigha region Morocco]

AMELLAL ISSAM and ABDELHAMID BOUZIDI

Laboratoire Sciences de l'Environnement et du Développement,
Faculté des Sciences et Technique, Université Hassan I,
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: The growth of logistics sector has become a priority in public policy as well as determinant factor in territorial structuring strategies. And in the global competitive environment, major economic interests are increasingly expanding while other territories have difficulty to attract the indispensable economic infrastructure for their development.. The objective of policy makers being able to attract investment, generate added value, sparking the interest of any form of settlements to contribute to the economic development of the territory. The main purpose of this paper is to propose a multi-criteria methodology in order to judge the appropriateness of industrial facilities location demonstrating the decisive character of logistics in the industrial positioning of a territory.

KEYWORDS: logistics, territory, multicriteria, industrial positioning, attractiveness.

RESUME: L'essor de la filière logistique est devenu un souci de première priorité dans les politiques publiques ainsi que dans les déterminants des stratégies sectoriels structurantes .Ainsi dans le contexte concurrentiel mondial, les grands centres d'intérêts économiques sont de plus en plus en expansion alors que d'autres territoires peinent à attirer l'infrastructure économique indispensable à leur développement.

L'objectif des décideurs étant de pouvoir attirer des investissements, générer de la valeur ajoutée, en suscitant l'intérêt de toute forme d'implantations à même de contribuer au développement économique du territoire

L'objectif de ce travail de recherche est de proposer une méthodologie multicritère afin de pouvoir juger de la pertinence du choix des sites d'implantations des structures industrielles toute en démontrant le caractère décisif de la logistique dans le positionnement industriel d'un territoire.

MOTS-CLEFS: Logistique, territoire, multicritère, positionnement industriel, attractivité.

1 INTRODUCTION

A l'ère d'une économie mondialisée et de la hyper- concurrence, les entreprises industrielles se concentrent de plus en plus sur leur cœur d'activité et externalisent les autres tâches qui sortent de leurs domaines de compétence.

La logistique, de par son poids dans la structure des coûts des entreprises offre une opportunité d'optimisation pour les entreprises et d'attractivité pour les territoires qui apparaît de plus en plus souvent dans les prises de positions des pouvoirs publics locaux et de leurs services de développement pour expliciter et justifier des choix d'investissements, d'accueil d'activités et de communication qui visent à accentuer le développement d'une ville ou d'une agglomération.

1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

La logistique est considérée comme une industrie à part entière (au sens d'activité manufacturière), car l'ensemble des activités logistiques apporte une transformation directe des caractéristiques physiques des produits qu'elle manipule (coordonnées dans l'espace et dans le temps.) D'autre part on peut considérer l'activité logistique comme un service, car la logistique est une filière industrielle dont les acteurs ne possèdent pas le produit qu'ils transforment, ils offrent alors une production et non un produit.

Au regard de son essence même et du lien intrinsèque qu'aurait la logistique avec l'industrie, et compte tenu de l'évolution de la structure de la filière logistique dans le temps. On s'aperçoit que la logistique (par le coût des transports) fut un facteur déterminant de la localisation industrielle au 19^{ème} siècle et qu'elle sera probablement un élément primordial d'organisation du territoire au 21^{ème} siècle [1], [2] et [3].

1.2 L'INFRASTRUCTURE LOGISTIQUE

Les infrastructures logistiques peuvent se définir comme un des outils pivots de la gestion des flux permettant le stockage, le tri, la consolidation ou l'éclatement de flux de produits [4]. Elles peuvent avoir des vocations multiples segmentées suivant un axe de couverture géographique (de mondial au local) à un axe de couverture fonctionnelle (de la préparation de commande à la réalisation d'opérations de post-manufacturing). Elles sont la manifestation spatiale des activités logistiques statiques telles que les activités d'entrepôt au sens large. Mais, selon le contexte, ce mot désigne un équipement précis (un entrepôt, un centre de tri) ou de façon plus large une zone d'activité regroupant plusieurs de tels équipements, qu'ils aient ou non des activités immédiatement liées [1] propose une typologie spatiale des lieux logistiques. Il distingue ainsi l'établissement logistique qui renvoie aux entrepôts, aux installations de tri, aux nœuds d'un réseau de prestataires, d'un industriel ou d'un distributeur ; le site logistique qui est une zone d'activité spécialisée dans la logistique pouvant se nommer parc ou plateforme ; le pôle logistique regroupant plusieurs sites logistiques dans un même périmètre ; et enfin l'aire logistique correspondant à un regroupement à l'échelle d'une métropole ou d'une région.

Le contexte marocain n'échappe pas à cette donne, bien que le positionnement géographique du Maroc jugé stratégique évoque beaucoup d'interrogation sur la performance de la filière logistique au Maroc (62^{ème} rang mondial selon le rapport LPI ranking 2014 de la banque mondiale [5]). avec 4807 ha dédié à l'industrie, 72 zones industrielles aménagées, et 12 115 lots industriels mis en place, le Maroc ne compte que très peu de zones dédiées à la logistique.

De ce fait on s'aperçoit que la logique économique devrait peser plus directement sur les décisions politiques afin de décider au mieux du positionnement des zones d'activité économique de leur typologie.

L'analyse de la typologie des aires logistiques dans le cas marocain démontre la relation étroite qui existe entre l'activité logistique et l'implantation industrielle généraliste d'où l'intérêt de ce travail de recherche dont la finalité est de définir un outil d'aide à la décision à la fois multicritère pour l'implantation de l'infrastructure industrielle et mathématique pour l'efficacité de la logistique.

2 PROBLÉMATIQUE ET CONTEXTE DU CAS PRATIQUE.

Afin de vérifier l'impact de chacun des critères déterminant de la localisation industrielle nous choisissons dans ce travail de recherche de traiter la problématique de localisation industrielle en évoquant 4 interrogations auxquelles nous nous exerçons de répondre via notre modèle :

- Quelles sont les critères de localisation industrielle ?
- Quelle importance revêt chacun de ces critères ?

- Comment se ferais le choix des sites d'implantation industrielle par agrégation de ces critères de choix ?
- En vue de la relation étroite entre l'activité logistique et la localisation industrielle ; quelles perspectives peut-on prévoir pour les stratégies sectorielles en relation directe avec la problématique ?

Pour ce faire nous décortiquons la littérature en relation avec la localisation et le positionnement industriel ; son évolution dans l'histoire et les disciplines scientifique qui s'y sont intéressé afin de justifier la nécessité d'une approche holistique dans laquelle nous adoptons un modèle d'aide à la décision multicritère appliqué à un cas pratique dont nous analyserons les résultats.

3 REVUE DE LITERATURE

3.1 EVOLUTION HISTORIQUE DE LA THEORIE DE LOCALISATION INDUSTRIELLE.

Les modèles de localisation industrielle sont apparus au 19^{ème} siècle, afin de tenter d'expliquer l'organisation de l'économie dans l'espace par rapport au coût du transport dont ces modèles ne retiennent que l'aspect contraignant.

Le model de Von Thünen[6] ,qui porte sur la rente foncière des cultures agricoles ;bien que d'apparence simpliste reste transposable à l'usage du sol dans les agglomération ou on remarque un zonage concentrique autours de centres d'intérêt que sont le plus souvent les zones d'activités économique (ae zones industrielles y compris).

Quant au modèle d'Alfred Weber [7],il nous renseigne sur la localisation des industries. Weber cherchait à déterminer ce qui, dans le comportement des agents économiques, s'exprime par la nécessité de réduire les coûts de production. Il part de l'hypothèse que lorsque la concurrence du marché est vive, le producteur ne peut beaucoup agir sur les prix; il suppose également que les techniques évoluent peu, comme c'est souvent le cas entre deux grandes vagues d'innovation, et, en conséquence, les processus de production sont uniformes dans chaque branche.

Afin de réduire les coûts, le producteur ne peut donc agir que sur l'échelle de sa production et sur les coûts de transport. Lorsque les économies d'échelle sont acquises, seul le dernier facteur importe vraiment

Ainsi, le rôle des transports dans le choix des implantations constitue la base du modèle simplifié de Weber : la meilleure localisation est celle qui minimise les charges d'approvisionnement en matières premières et énergie et celles d'expédition des produits finis. Son schéma envisage l'hypothèse simplificatrice d'une entreprise reliée à deux points d'approvisionnement en matières premières et à un point de commercialisation de ses produits. Le point recherché est géométriquement défini dans le triangle que ces trois points constituent, et en fonction du poids et du coût de transport unitaire de chaque unité transportée.

Les modèles de Von Thünen et de Weber expliquent les choix de localisation des activités primaires et secondaires. Christaller et Lösch [8] ont élaboré au début du siècle des modèles très similaires afin d'expliquer les choix de localisation des services commerciaux et administratifs. Les modèles théoriques de Christaller et de Lösch, qui sont généralement connus sous le nom de "théorie des lieux centraux" reposent sur une hypothèse simple : il existe, pour chaque service, une portée limite, au-delà de laquelle les frais de déplacements sont tels que le prix total du produit devient prohibitif pour le client. La portée limite de chaque service dépend de sa fréquence et de sa nature ;

Vue la non transposabilité de ces modèles confrontés à une approche holistique il est donc essentiel de soumettre la question de localisation industrielle aux aspects de développement global et durable.

A cet effet d'après l'analyse trente-six systèmes d'évaluation du développement durable, le nombre d'indicateurs varie entre trois et cent soixante-neuf, pour une moyenne de près de quarante-cinq. Quatre systèmes comptent moins de vingt indicateurs, vingt-deux en comptent entre vingt et cinquante, et dix en comptent plus de cinquante.

Trois types d'architectures sont généralement utilisés pour structurer les systèmes d'indicateurs de développement durable. D'abord, il y a les systèmes qui reposent sur les trois dimensions du développement durable, soit les dimensions économique, environnementale et sociale. La plupart des systèmes s'organisent cependant autour de domaines, le deuxième type d'architecture. Enfin, certains systèmes d'indicateurs sont articulés autour d'objectifs.

Les 15 critères que nous utiliserons dans cet article sont issus d'une agrégation de ces modèles affinés par le choix de 67 opérateurs économique¹.

3.2 LES DIFFÉRENTES APPROCHES SELON LES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES

Les modèles d'interaction spatiale se sont développés depuis les années 50, ce sont des modèles anciens développés par des travaux de démographes et économistes dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle et début du XX^{ème} siècle. Ces modèles s'inspirent de la loi de gravitation universelle de Newton (1680). Les auteurs ont cherché à appliquer la loi de Newton dans laquelle deux corps s'attirent l'un à l'autre avec une force qui est proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare à la démographie et à l'économie.

La théorie de l'équilibre général spatial de l'économie a pour objectif d'analyser les conditions d'existence d'un équilibre de toutes les activités économiques considérées dans leur interdépendance, et d'étudier les propriétés d'unicité, de stabilité et d'optimalité d'un tel équilibre.

La théorie de l'économie spatiale publique. La non-neutralité économique de l'espace entraîne que les préceptes de l'économie classique ne sont plus valides. Par exemple : la considération de l'espace remet en cause le contenu habituel du concept du bien collectif pur, puisque la disponibilité d'un tel bien pour les usagers peut dépendre de leur proximité par rapport aux points d'offre et être donc inégale selon leur résidence.

L'analyse des espaces économiques flous et des comportements spatiaux imprécis. Un espace économique précis (à l'inverse des espaces flous) signifie que cet espace a ou n'a pas certaines caractéristiques constitutives et les agents économiques qui y vivent préfèrent ou ne préfèrent pas une action possible à une autre. Cependant le monde réel est souvent imprécis, les espaces économiques (comme les régions économiques, les aires d'influence, des surfaces de marché, etc.) Possèdent plus ou moins des caractéristiques données. Souvent ils ne sont pas délimités par des frontières nettes, ils se recouvrent partiellement et il est difficile de les diviser. De la même manière le comportement des individus n'est pas toujours clair.

4 OUTILS ET METHOD

4.1 CAS PRATIQUE ET SON CONTEXTE

À noter que l'augmentation de la demande pour les espaces logistiques au niveau de la région « CASABLANCA-SETTAT » est estimée à hauteur de 69% selon une étude du CRI.

Par ailleurs, les exigences des opérateurs à la recherche de parcs industriels intégrés, dotés de système de gestion modernes et respectant les standards internationaux, alimentent la concurrence entre investisseurs désirant se lancer dans ce secteur.

Il est à noter que la région « CASABLANCA-SETTAT » devient de plus en plus une destination industrielle et logistique qui enregistre actuellement une forte sollicitation de la part des industriels pour l'externalisation d'une partie de l'activité logistique, ce qui a conduit à une hausse de la demande pour des plateformes convenables.

Le développement de ces infrastructures logistiques est freiné par le manque du foncier dédié à des prix, et à un COS (coefficient d'occupation du sol) permettant aux investisseurs d'obtenir les rentabilités escomptées en appliquant des loyers de marché.

La région « CASABLANCA-SETTAT » est sujette au déploiement de Zones logistiques multi-flux (ZLMF) comme dicté par le schéma national. Ainsi, dans cette région, 607 hectares à l'horizon 2015 et 978 hectares à l'horizon 2030 devraient être réaménagés pour répondre au mieux au besoin croissant en logistique organisée. Les plateformes prévues à cet effet devraient être développées à Zénata, Oulad Hadda, Deroua, Nouaceur, Oulad Saleh, Bouskoura, Lakhyayta I et Lakhyayta II. Le développement des futures ZLMF privilégiera à l'horizon 2030 deux axes entourant la région, à savoir le corridor logistico-industriel Est-Sud (Zénata-Nouaceur) et le corridor Sud-Ouest (Nouaceur-Lakhyayta I).

¹ Les indicateurs sélectionnés sont les plus redondants dans le baromètre d'investissement réalisé par le Centre Régional d'Investissement de la région Chaouia-Ouadigha en juin 2012

Vue l'augmentation du degré de primatie urbaine en faveur de Casablanca comparées aux autres villes marocaines, le processus de développement économique que connaît la métropole engendre la mutation de la répartition géographique qui l'accompagne.

4.2 MÉTHODOLOGIE ET MODÈLE

L'ambition issue de notre modélisation mathématique se résume dans deux points essentiels ; d'abord, de proposer un modèle multicritère adéquat et examiner sa validité empirique, ensuite, vérifier si le choix de localisation industrielles peut être jugé par les critères de choix de site d'implantation présentés ci-dessous.

L'objectif exogène en matière de localisation industrielles est de délivrer des expressions de performance concernant la génération et le choix d'un site d'implantation. Il s'agit, à partir d'un objectif global décomposé en un ensemble d'objectifs selon de multiples critères, de choisir entre un nombre fini de plans d'action, i.e. retenir celui qui permet la meilleure atteinte de cet objectif global. Dans ce sens, sur une problématique du choix multicritère, il s'agit de trier, classer et choisir un ensemble de solutions alternatives, concernant un ensemble de satisfactions de critères, c'est-à-dire d'expressions de performance. Ces expressions peuvent être multiples, associées aux différents objectifs composant l'objectif global, ou agrégées.

Pour que ces choix soient fondés, il faut que l'expression agrégée soit significative du degré d'atteinte de l'objectif global, ce qui revient à poser deux conditions, respectivement sur :

- la validité du modèle de décomposition des objectifs, i.e. l'atteinte des objectifs décomposés doit garantir l'atteinte de l'objectif global,
- la possibilité d'appliquer le modèle d'agrégation aux expressions de performance considérées.

Ces deux conditions en appellent à la théorie du mesurage par les notions de commensurabilité et de signifiante, qui conditionnent un traitement cohérent des expressions de performance.

Ainsi, vue ces exigences et dans le but de répondre à notre problématique nous proposons d'adopter une méthode de choix multicritère à savoir la méthode MACBETH [9].

MACBETH (*Measuring Attractiveness by Categorical Based Evaluation Technique*), est une approche pour mesurer l'attractivité par une technique d'évaluation basée sur des catégories, elle a été développée dans les années 90 par *Bana e Costa et Vansnik* [9]. Il s'agit d'un processus interactif qui permet, à partir d'un ensemble fini d'éléments, de construire une échelle intervalle permettant de quantifier l'attractivité de ces éléments selon l'opinion d'un évaluateur (**dans notre cas : des décideurs de différents niveau de décision (pouvoirs publique et industriels)**). Cette méthode s'inscrit dans la famille des systèmes d'aide à la décision du type critère unique de synthèse.

Cette méthode a été largement mise en œuvre dans les projets de consultation dans le domaine de l'évaluation des politiques publiques, la qualité de gestion et les stratégies d'investissement. Elle semble particulièrement adapté pour l'agrégation des critères d'évaluation lorsque les deux informations absolu et relatif sont nécessaires et quand différentes informations de types quantitative et qualitative doivent être traitées (dans notre exemple, différentes critères sont utilisés et mesurant les niveaux de de chacun des choix de localisation industrielle) [10].

En outre, la méthode MACBETH est associée à un système d'aide à la décision appelé M –MACBETH qui contribue à la mise en œuvre de l'ensemble multicritère au processus d'aide à l'évaluation.

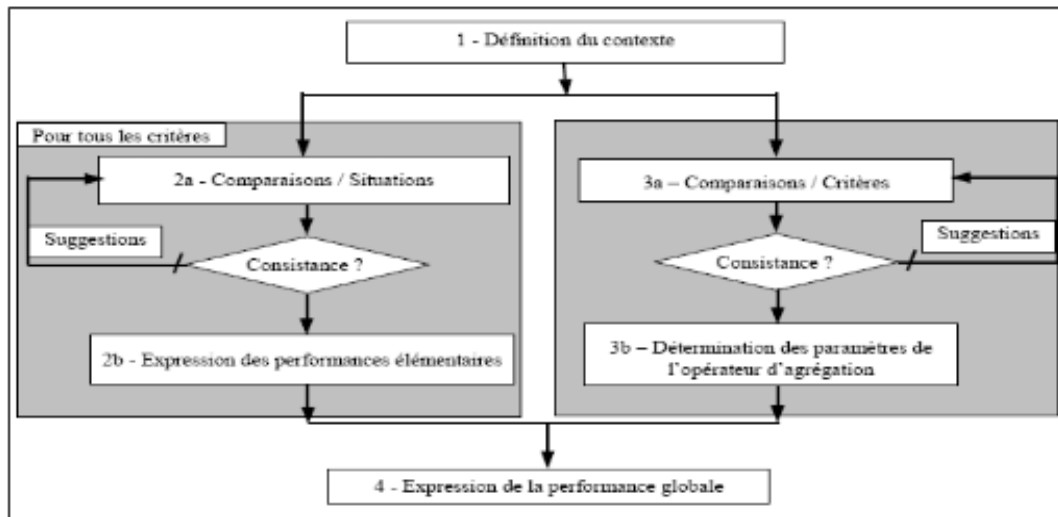


Figure 1 : Procédure MACBETH adoptée par Bana et Costa (Costa et al 1999)

4.3 STRUCTURATION DU MODEL

L'objectif est de formuler les options de localisation industrielles et les critères qui l'affectent. En fait, 12 options de localisation industrielles sont distinguées ; chaque option correspond à un site industriel existant. (Z1,...,Z12), et elles sont le résultat de la contribution de 15 critères regroupés sous 3 catégories.

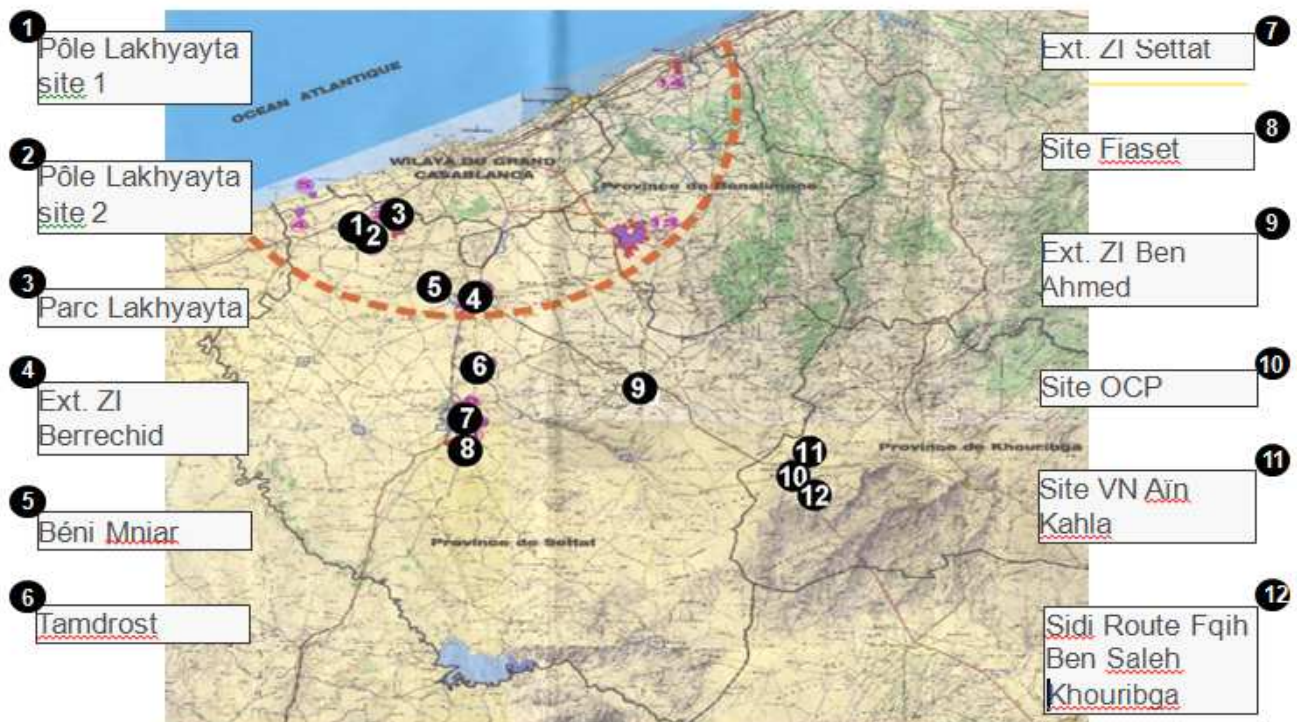


Figure 2 : carte des zones industrielles dans la région Chaouia-Ouadigha

Tableau 1: Critères de choix de site

5 critères Seuils	✓ C1: Taille ✓ C2 : Accessibilité ✓ C3 : Constructibilité ✓ C4 : Maîtrise du foncier ✓ C5 : Réglementation et servitudes
5 critères discriminants (ou d'impact)	✓ C6 : Impact environnemental ✓ C7 : Impact paysager ✓ C8 : Impact urbain ✓ C9 : Possibilité de sécurisation du site ✓ C 10 : Effet vitrine
5 critères différenciant (de perspective)	✓ C11 : Positionnement ✓ C12 : Proximité de développement industriel ✓ C13 : Proximité de la fonction résidentielle et des équipements ✓ C14 : Intérêt manifesté par les investisseurs ✓ C15 : Proximité des services marchands

Pour chaque critère on associe une base de comparaison et des références (référence supérieure et référence inférieure). La base de comparaison peut être mise soit directement (les options+2 références), soit indirectement à travers les niveaux qualitatifs de performance ou les niveaux quantitatifs de performance en construisant une fonction de valeur qui associe à chaque niveau de performance introduit une valeur.

En effet, le problème peut être présenté sous un arbre des valeurs (figure 3). Dans cet arbre, en haut apparait le nœud racine qui correspond à notre problème, les autres nœuds montrent les critères du modèle, cependant, les trois nœuds situés sous le nœud racine (critères seuils, critères discriminants et critères différenciant) ne sont pas des critères mais ils sont incluent dans l'arbre seulement pour aider à l'évaluation des nœuds critères et n'ont pas d'influence, autrement dit, ils sont considérés comme des commentaires pour structurer le problème et le rendre plus intelligible.

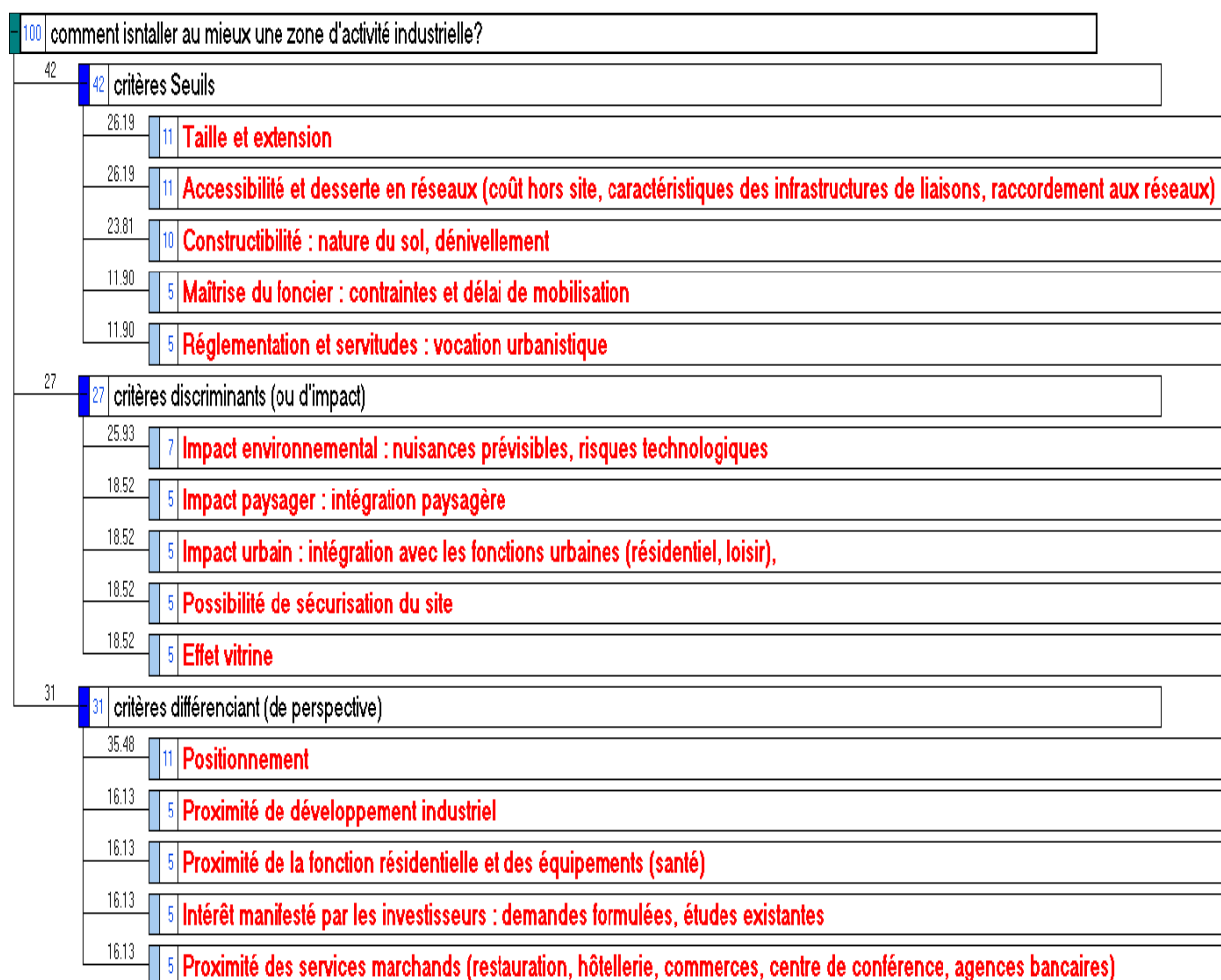


Figure 3 : Arbre des valeurs

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 2 Echelle sur les critères fournissant les poids respectifs de chaque critère

	Echelle courante	MACBETH ancrée	MACBETH de base
[Taille et extensio]	11	11.00	11.00
[Accessibilité et des]	11	11.00	11.00
[Positionnement]	11	11.00	11.00
[Constructibilité]	10	10.00	10.00
[Impact environnement]	7	7.00	7.00
[Maîtrise foncier]	5	5.00	5.00
[Rég et serv]	5	5.00	5.00
[Impact paysager]	5	5.00	5.00
[Impact urbain]	5	5.00	5.00
[sécurité]	5	5.00	5.00
[Effet vitrine]	5	5.00	5.00
[prox de dev indus]	5	5.00	5.00
[resid _equip]	5	5.00	5.00
[Intérêt invest]	5	5.00	5.00
[services marchands]	5	5.00	5.00
[toutes inf]	0	0.00	0.00

Donc, comme le montre l'échelle MACBETH (tableau 2), les critères le plus important sont ceux de la taille, de l'accessibilité et de l'extension avec 11 % suivi de la constructibilité avec 10% puis l'impact environnemental avec 9% et enfin les autres critères avec un poids d'égale importance de 5% règlement des différends avec 2,78%.

En effet la prédominance de ces critères-là, trouve aussi appuis dans la littérature, ainsi les facteurs qui influencent la localisation industrielle sont [2] :

- La *proximité des marchés* est un des premiers facteurs évoqués. Mais le marché est dans ce cas un peu particulier car il s'agit à la fois des chargeurs et des clients finaux. De plus, les chargeurs sont non seulement les industriels eux-mêmes mais encore les opérateurs des points de transbordement des marchandises comme les ports quand les produits viennent de la grande exportation. L'optimum de localisation peut donc occuper trois positions distinctes : près des unités de production ou des grands ports importateurs, près des marchés ou encore en position intermédiaire sur un lieu très accessible (voir facteur suivant) .
- L'*accessibilité du lieu et les disponibilités en infrastructure* confortent le marketing territorial du lieux [11],[12]. Malgré l'intérêt de la multi modalité, la route reste dominante en particulier au niveau de la traction finale. Le secteur est donc très sensible à la qualité du réseau autoroutier et à la fluidité du trafic mais il craint les goulots d'étranglement qui contribuent à la congestion du trafic.
- Les *disponibilités et coûts des terrains et des bâtiments* influencent aussi beaucoup les choix car ce secteur est gros consommateur d'espace, en raison d'un coefficient d'emprise au sol faible (de l'ordre de 40 à 60 % pour les installations les plus modernes) et de grands besoins pour ses entrepôts qui dépassent aujourd'hui 10 000 m² et qui, en se regroupant, peuvent constituer des pôles de 60 000 à 80 000 m. Le prix du terrain est, dès lors, un paramètre important au même titre que des disponibilités d'un seul tenant. Quant à la qualité du terrain lui-même, c'est également un atout, un terrain de bonne consistance réduisant les coûts de construction des bâtiments et d'aménagement des aires de circulation.
- Enfin, le rôle des *Pouvoirs publics* n'est pas à négliger notamment en termes d'autorisation d'installation, de fiscalité, d'aides mais aussi de réactivité à la demande. En fait, étant souvent sous pression, le secteur est sensible à des réponses rapides qui lui permettent de trouver dans des délais très courts une solution à ses problèmes. Il attend aussi une certaine cohérence au niveau des réponses données par les différents acteurs impliqués (pouvoirs locaux, régionaux, nationaux, représentants des habitants...) et la volonté déclarée des responsables publics de privilégier ses atouts (création d'emplois, de valeur ajoutée, de services induits) plutôt que d'épingler ses faiblesses (consommation d'espace, accroissement du trafic, bruit, pollutions...).

In fine notre model aboutit à un classement des zones industrielles de l'arrière-pays du grand Casablanca (figure 4) qui donne la priorité au zones les plus proche (dans l'espace) à savoir la zone 1 et 2 et des zones les plus accessible à savoir Z 4 (quand la proximité physique n'est pas intrinsèque).

Le classement des zones proches telles que la Z3 est expliqué par la saturation de ces zones et la non disponibilité d'offres viable d'un point de vue coût.

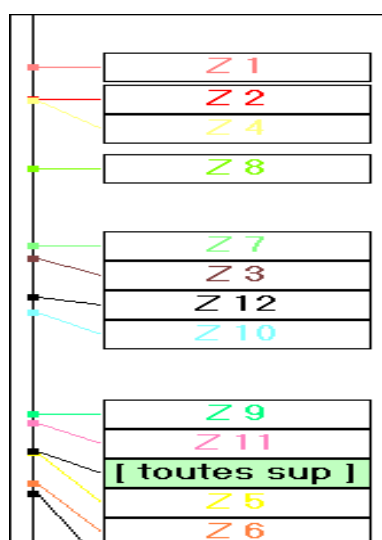


Figure 4 Thermomètre global sur M-Macbeth pour juger le classement des options selon les critères ponderés:

6 CONCLUSION

L'analyse théorique et empirique de la localisation industrielle donne par presque essence la priorité dans le choix des zones d'implantation aux zones proches géographiquement aux grands bassins de consommation. Sans omettre le consensus qui se fait de façon presque machinale entre le souci de coût et celui de la proximité.

La localisation industrielle devrait donc être vue d'un angle globale incluant des inducteur de localisation industrielle basée sur les pilier (économique, social et environnemental) de développement durable.

Par conséquent, on peut retenir deux perspectives immédiates à ce travail de recherche à savoir :

- La nécessité de rapporter l'approche multicritère de la localisation industrielle à une cartographie à même de faciliter la prise de décision.
- L'élargissement de la liste des critères de choix de localisation dans la perspective de développement durable afin de pouvoir aboutir à un tableau de bord pour la gestion de la localisation industrielle au niveau décisionnel.

REFERENCES

- [1] M. SAVY, "Territoire: les lieux de la démocratie", *Hommes & Libertés*, n° 137, janvier – mars 2007.
- [2] B. Mérenne-schoumaker, " La Localisation Des Grandes Zones de Logistique", *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 49 ,31–40, 2007.
- [3] G. Joigneaux. "Quel Impact de La Logistique Sur Le Développement Territorial ?", Notes de synthèse du SESP, 45–50, 2008.
- [4] D. BECKER, Dominique. "Le développement des implantations logistiques en France et ses enjeux pour les politiques d'aménagement". Rapport du conseil général des ponts et chaussées, mars 2003.
- [5] Rapport de la banque mondiale sur le LPI "logistics performance index".2014.
- [6] J. H. Von Thünen, Recherches sur l'influence que le prix des grains: la richesse du sol et les impôts exercent sur les systèmes de culture. Guillaumin.1851.
- [7] Weber, A. " Histoire de la philosophie européenne". Fischbacher.1892.
- [8] M. Maticiuc, & A. C. Petrache. "The Influence of Logistics over the Occurrence of Spatial Agglomeration Of Businesses". *Annals-Economy Series*, 2, 252-256. 2015.
- [9] E.C.Bana, A.Carlos, R.Sanchez-Lopez, J. C. Vansnick. & J. M. De Corte, "Introducción a MACBETH. Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones". 2011.
- [10] D.B. Klaas, C. MacHaris, and A. Verbeke, "Multi-Criteria Analysis and the Resolution of Sustainable Development Dilemmas: A Stakeholder Management Approach", *European Journal of Operational Research*, 224 (2013), 122–31
- [11] Hatem Fabrice, "Le Marketing Territorial: Principes, Méthodes et Pratiques", 292, 2007.
- [12] S. Masson and R.Petiot, "Logistique et territoire : multiplicité des interactions et forces de régulation", *Géographie Économie Société*, 12. 2013.

Caractérisation aérodynamique des unités géomorphologiques du sud tunisien à partir des mesures dérivées des produits de surface POLDER

[Aerodynamic characterization of geomorphic units in southern Tunisia from the derived measures of the POLDER surface products]

Mohamed Labiadh

Institut des Régions Arides (IRA), Médenine, 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: The aerodynamic roughness height (z_0) is one of the key parameters that control wind erosion. Several methods, based on satellite observations, have been proposed for performing mapping of this parameter. Among the empirical approaches that have been developed, Protrusion coefficient, PC, derived from measurement of the solar spectrum of Polarization and Directionality of the Earth Reflectances (POLDER) sensor offer the possibility of retrieving the aerodynamic roughness height. This approach was applied to Tunisian arid regions. The study area covers a grid ranging from 30.15 ° N 34.18 ° N, 7.26 ° E to 12 ° E with a resolution of $1/10^\circ \times 1/10^\circ$, about 10 km x 10 km. The morphological landscape in this region is clearly distinguishable in three major areas which are Atlas (trays), Steppe (plain) and the Sahara. The results of this study showed that in our area of study, three main categories of surface area in terms of their aerodynamic roughness height can at least be defined from very smooth surface to less erodible and rough. Derived z_0 values for all surface conditions vary from $1.7 \cdot 10^{-3}$ cm to 1.9 cm.

KEYWORDS: Southern Tunisia, geographic unit, surface roughness, POLDER.

RÉSUMÉ: La hauteur de rugosité aérodynamique (z_0) est un des paramètres clés qui contrôlent l'érosion éolienne des sols. Plusieurs méthodes, basées sur des observations satellitaires, ont été proposées permettant de réaliser des cartographies de ce paramètre. Parmi les approches empiriques qui ont été développées, le Coefficient de Protrusion, PC, dérivé des produits du radiomètre Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances (POLDER) offrent la possibilité de restituer la hauteur de rugosité aérodynamique. Cette approche a été appliquée sur les zones arides et désertiques tunisiennes. Le domaine d'étude s'étend sur une grille allant de 30,15°N à 34,18°N et de 7,26°E à 12°E avec une résolution de $1/10^\circ \times 1/10^\circ$, soit environ 10 km x 10 km. Le paysage morphologique dans cette région se distingue nettement par trois grands domaines qui sont l'Atlas (plateaux), la Steppe (plaine) et le Sahara. Les résultats de cette étude ont montré que dans notre domaine d'étude, trois grandes catégories de surface au regard de leur hauteur de rugosité aérodynamique peuvent au minimum être définies en allant des états de surface très lisses à moins érodables et rugueux. Les valeurs de z_0 dérivées pour l'ensemble des états de surface varient entre $1,7 \cdot 10^{-3}$ cm à 1,9 cm.

MOTS-CLEFS: Sud tunisien, unités géomorphologiques, rugosité de surface, POLDER.

1 INTRODUCTION

La hauteur de rugosité aérodynamique, z_0 , est un des paramètres clés pour la modélisation physique de l'érosion éolienne puisqu'elle contrôle à la fois la friction du vent en surface et la vitesse-seuil d'érosion ([10], [17]). Elle est généralement

déterminée de façon expérimentale par des mesures de profil vertical de vitesse de vent [14]. Dans la littérature bien que les données disponibles permettent de fixer l'ordre de grandeur des hauteurs de rugosité aérodynamique pouvant être rencontrées en zones arides et désertiques, elles ne sont pas suffisantes pour établir des cartographies de ce paramètre, utilisables pour la modélisation de l'érosion éolienne (exemple [3], [6], [12]). En outre, l'application d'une telle approche pour dériver z_0 à une échelle régionale ou continentale est bien évidemment impossible compte tenu de la variabilité naturelle des états de surfaces.

Récemment, des approches empiriques ont été développées visant à déterminer les hauteurs de rugosité aérodynamique en zones arides à partir d'observations spatiales. Cette technique de télédétection a ouvert des perspectives extrêmement intéressantes en matière d'érosion éolienne, en particulier, la possibilité d'établir des cartographies d'une très bonne résolution spatiale mais aussi de disposer d'une couverture quasi globale. Parmi les instruments embarqués sur des plateformes satellitaires, le radiomètre POLDER 1 (Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances) dont les mesures des réflectances bi-directionnelles de surface ont été utilisées pour estimer la hauteur de rugosité aérodynamique (exemple [11]).

L'objectif de ce travail est d'utiliser les mêmes démarches et approches développées par [11] pour dériver la hauteur de rugosité aérodynamique à partir des produits POLDER pour les différentes unités géomorphologiques typiques des zones arides et désertiques tunisiennes.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 RADIOMÈTRE POLDER 1 (POLARIZATION AND DIRECTIONALITY OF THE EARTH'S REFLECTANCES)

Les observations POLDER offrent la possibilité de mesurer, dans trois longueurs d'ondes différentes (443, 670 et 865 nm), les réflectances bi-directionnelles de surface sous 14 angles de visée différents durant le passage du satellite, ce qui permet de reconstituer avec précision la fonction de distribution de la réflectance bi-directionnelle de la surface (Bidirectional Reflectance Distribution Function, BRDF, en anglais). [15] ont proposé un modèle de BRDF où la réflectance est considérée comme la somme de deux composantes : l'une liée à l'effet de diffusion du rayonnement dû à la géométrie des obstacles en surface (effets d'ombrages, etc.), l'autre liée aux effets de volume du sol lui-même ou des obstacles présents. L'inversion de BRDF dans le modèle de [16] permet la détermination des coefficients empiriques exprimés de façon totalement explicite en fonction des paramètres structuraux de la surface (dimensions des obstacles, indices de facettes, etc.). Par ailleurs, certains termes de cette BRDF (k_0 , k_1) contiennent une information relative à la rugosité de la surface. Plus précisément, [16] utilisent une combinaison de deux de ces coefficients (k_0 , k_1) pour définir un paramètre de "protrusion", le Coefficient de Protrusion, $PC = k_1 / k_0$, directement relié à la densité de rugosité de la surface. Comme nous l'avons également évoqué, la densité de rugosité est classiquement utilisée pour estimer, à partir de relations empiriques, les hauteurs de rugosité aérodynamique de surface. Ainsi, l'inversion des réflectances bidirectionnelles mesurées par un instrument POLDER conduit à une estimation des hauteurs de rugosité pour des surfaces de densité de végétation variée, en accord avec les valeurs généralement mesurées sur ces types de surfaces (Fig. 1).

Les résultats de [11] indiquent que le Coefficient de Protrusion, PC, dérivé de la BRDF de POLDER représente bien les hauteurs de rugosité aérodynamique cartographiées sur des zones homogènes du Sahara. Par conséquent, une relation linéaire entre « PC » et « $\ln(z_0)$ », a pu être établie :

$$PC = \frac{k_1}{k_2} = 0.052 \ln(Z_0) + 0.277 \quad (\text{III.5})$$

L'instrument POLDER, comme nous l'avons expliqué, offre l'opportunité d'établir une carte globale de Coefficients de Protrusion, PC, permettant ainsi de dériver les hauteurs de rugosité aérodynamique sur l'ensemble des zones arides et semi-arides avec une bonne résolution (la même que PC) de $1/16^\circ \times 1/16^\circ$, soit presque $6 \text{ km} \times 6 \text{ km}$, mais également pour une résolution spatiale de $1/4^\circ \times 1/4^\circ$ plus adaptée pour les modèles d'émissions globaux puisque [11] et [8] ont montré que la diminution de la résolution spatiale jusqu'à $1/4^\circ \times 1/4^\circ$ n'introduit pas de biais significatifs dans la distribution des fréquences de PC. A titre indicatif, un travail dans ce sens a été achevé par [7] pour l'ensemble des zones arides du nord-est de l'Asie et du nord de l'Afrique. Pour les zones arides et désertiques tunisiennes les mêmes démarches et approches ont été utilisées pour dériver la hauteur de rugosité aérodynamique à partir des produits POLDER. Nous avons opté pour une résolution de notre domaine d'étude de $1/10^\circ \times 1/10^\circ$, soit environ $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$. Nous avons donc pu cartographier pour notre zone d'étude, à partir des produits standards de la chaîne de traitement de l'instrument POLDER, la hauteur de rugosité aérodynamique, z_0 .

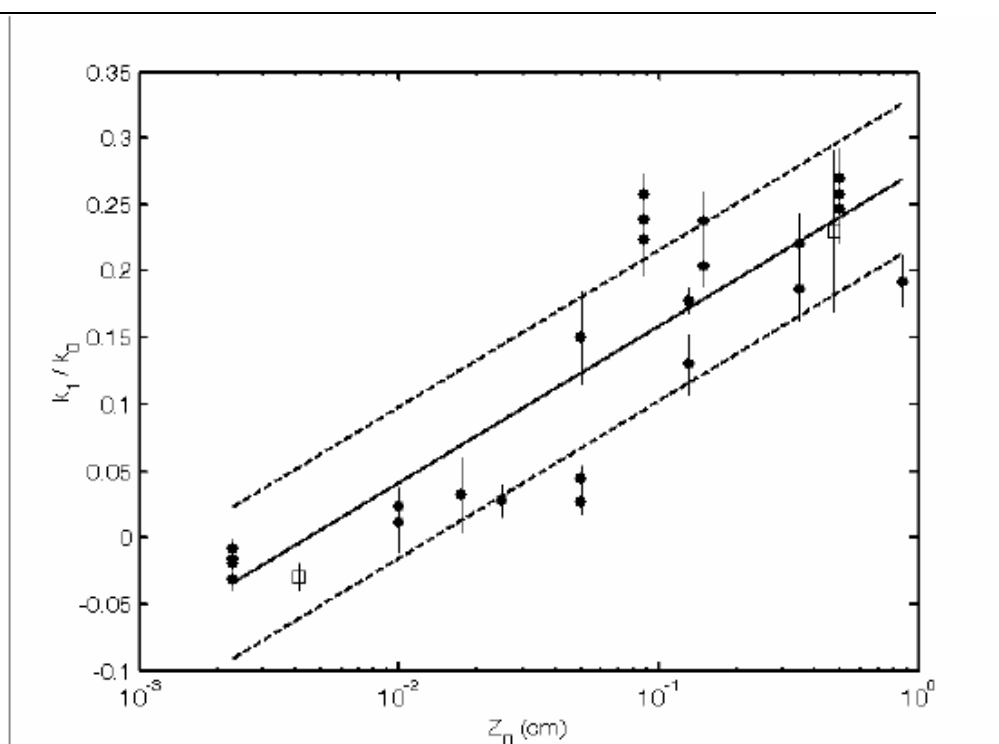


Fig. 1. z_0 en fonction de $PC = k_1/k_0$ pour les régions arides (points noirs : z_0 estimés pour le Sahara; carrés blancs : z_0 mesurés aux Etats-Unis et en Namibie). Les barres verticales représentent la déviation standard du coefficient de protrusion sur la zone pour laquelle z_0 est estimée ou mesurée. La droite en trait plein représente le meilleur ajustement entre les données, et les lignes en pointillées représentent $\pm\sigma$, σ étant la déviation standard associée à la régression [11]

2.2 ZONE D'ÉTUDE

Les zones arides et désertiques du sud tunisien se situent en dessous des isohyètes 200 mm/an où la déflation éolienne est la plus intense. Le domaine d'étude s'étend sur une grille allant de 30,15°N à 34,18°N et de 7,26°E à 12°E. Outre cette aridité climatique, cette région du sud tunisien est caractérisée par des milieux variés des points de vue de la lithologie, de la morphologie et de l'occupation du sol. En effet, le paysage morphologique est formé de trois grands ensemble ou domaines : celui de l'Atlas, celui de la Steppe et celui du Sahara (Fig. 2). Les deux premiers forment des paysages de plaines et de plateaux isolant tout un système d'anticlinaux, le dernier présente une morphologie propre aux régions désertiques [1]. Par ailleurs, 4 grandes régions naturelles se distinguent nettement dans notre zone d'étude :

1. la Djeffara, ou plaine côtière, située entre le Djebel et la mer. Le réseau orographique est peu développé et l'endoréisme est dominant. Les écoulements sont peu importants sauf dans les piedmonts du Djebel où les oueds coulent une à deux fois par an pour aller se perdre dans les sebkhas.
2. Les massifs montagneux constituent la zone frontale des cuestas qui limitent la plateforme saharienne et comprennent les Matamats et la falaise du Dahar. Les Matmatas et le Djebel constituent donc une série de cuestas successives en fonction de l'alternance lithologique calcaire-marne de la série jurassique et crétacée. Ces cuestas dont le front est tourné vers la mer, dominant la plaine de la Djeffara d'une hauteur pouvant varier de 100 à 600 m. Le relief est parfois ennoyé par un loess quaternaire profondément raviné. Les Dahars sont constitués par des revers de cuestas au contact de l'Erg. C'est le domaine de l'érosion éolienne. On peut y distinguer : (i) les Dahars septentrionaux, présentant l'aspect d'un reg de dissociation sur les croûtes et d'ablation dans les parties basses où les oueds y ont entaillé de profondes vallées dans le substrat crétacé et marqués par un cordon de dunes à végétation relativement dense à nanophanérophites et (ii) les Dahars méridionaux présentent un aspect nettement différent ; la région est plus sèche ; les reliefs et les plateaux des Dahars du sud sont recouverts par des regs.

3. La région des Chotts est une vaste dépression qui comprend les Chotts Djerid et Fedjij. Les régions avoisinantes (le Nefzaoua et le Gherib) présentent un caractère nettement désertique. Elles sont caractérisées également par la présence d'une nappe phréatique ; le Nefzaoua, en particulier est parsemé d'une série de petites oasis naturelles constituées par des faibles jaillissements artésiens naturels à partir de la nappe campanienne.
4. L'Erg, situé de part et d'autre de la frontière algéro-tunisienne, est une vaste dépression où sont accumulés et repris par le vent des alluvions en provenance du Sahara central et septentrional. Il est généralement constitué de longs cordons dunaires sensiblement alignés nord-sud et séparés par des Gassi (fond rocheux) ou des Feidj (fond sableux) ; leurs interférences donnent naissance à d'importants Ghourds qui peuvent atteindre 50 à 100 m de haut. Le grand Erg semble avoir son origine dans les alluvions des oueds sahariens. Les oueds issus des Matmatas et du Djebel tuniso-libyen ont également contribué à la formation de cet immense zone d'épandage. L'Erg oriental, au moins dans sa partie nord, est un « erg humide ». Outre une pluviosité de 50 à 70 mm, ce caractère est dû au fait que les crues de nombreux oueds issus des Matmatas viennent se perdre sous ses dunes. Il existe presque partout dans la partie septentrionale de l'Erg une nappe phréatique située entre 5 et 40 m de la surface. Dans l'amas dunaire de l'Erg, la végétation est en rapport avec la morphologie des dunes, la proximité du squelette rocheux et la granulométrie du sable.

Pour chaque unité géomorphologiques décrites ci-dessus, nous avons pu distinguer (i) les états de surface labourés, en grande partie dans la Djeffara, composés des matériaux meubles sableux et sablo-limoneux, pauvres en éléments grossiers. Ils présentent un microrelief important dû aux labours et se distinguent des autres états de surface par une forte rugosité et une végétation relativement plus dense, (ii) les états de surface salins rencontrés dans les dépressions salées sont caractérisés, à l'état sec, par la présence d'efflorescences salines de couleur claire. Une végétation halophyte verte entretenue par ces nappes peut souvent se maintenir toute l'année avec un taux de recouvrement de l'ordre de 20% à 40%. Ce type d'état de surface est donc caractérisé par une végétation pérenne assez dense, mais aussi une humidité variable, (iii) les états de surface à blocs qui correspondent à des affleurements de roche dure en blocs et cailloux, très étendus dans notre zone et caractérisent tous les reliefs. Suivant la nature et le faciès des roches, la taille et la forme des blocs varient dans tous les cas, le microrelief ou la rugosité sont très marqués. En dehors de ces limites, la surface des sols de la zone d'étude présente toute une gamme d'états de surface, allant de sols nus affleurant, de sables fins et grossiers, à des surfaces de graviers et de cailloux et de végétation pérenne, en diverses proportions.

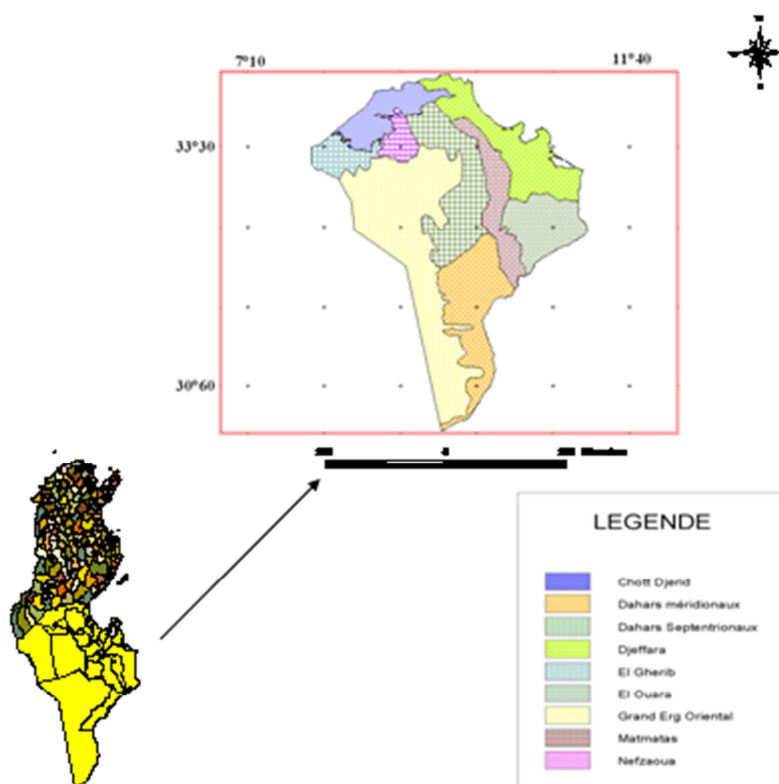


Fig. 2. Carte des régions naturelles de la Tunisie méridionale

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les valeurs de z_0 dérivées pour l'ensemble des états de surface des zones arides et désertiques tunisiennes, varient entre $1,7 \cdot 10^{-3}$ cm à 1,9 cm. Ces hauteurs de rugosité dérivées de POLDER sont comparables aux valeurs de z_0 mesurées avec une soufflerie portable sur des états de surface naturels et érodables [2]. En outre, en se référant à certaines données de z_0 de la littérature, plusieurs catégories de zones arides et désertiques tunisiennes peuvent être identifiées, selon la géomorphologie des régions naturelles, en allant des états de surface très lisses à moins érodables et rugueux. En effet, environ 66% des valeurs de z_0 établies à partir de l'instrument POLDER, pour l'ensemble du sud tunisien, sont comprises entre 10^{-3} cm et 10^{-2} cm. Ces valeurs concernent, en grande partie, le grand Erg oriental et les principales structures sableuses de l'Ouara. Ces ordres de grandeur sont similaires à ceux trouvés dans le désert sableux de Namibie [5] ou mesurés expérimentalement en soufflerie sur des lits de sable homogène ([59], [13]). Dans la plaine de Djeffara, pour des états de surface partiellement végétalisés et en présence de voiles éoliens, les hauteurs de rugosité aérodynamique dérivées de POLDER varient entre 10^{-2} cm à 10^{-1} cm. Ce domaine de valeurs de z_0 est consistant avec celles trouvées dans le désert de Gobi (nord-est de l'Asie) par [7] ou déterminées expérimentalement dans la Vallée de la Mort (Californie) par [5]. En outre, la hauteur de rugosité aérodynamique dérivée de POLDER pour les états de surface salins rencontrés dans notre zone d'étude ($z_0 = 5 \cdot 10^{-2}$ cm) est du même ordre de grandeur que celle mesurée par [12] dans la région de Chott El-Jerid en Tunisie et par [4] et [5] dans le Confidence Mill Playa et le Lunar Lake aux Etats-Unis. Les massifs montagneux (les Matmatas et le Dahar) et les autres types de paysages couverts de cailloux et de galets (par exemple Hamada ou Reg) sont clairement identifiables par leurs hauteurs de rugosités plus fortes (supérieure à 1 cm) (Fig. 3).

Cette discussion renforce l'idée d'un lien étroit entre la géomorphologie et la hauteur de rugosité. En effet, au fur et à mesure que nous éloignons du massif montagneux, selon un transect nord-sud ou/et est-ouest, les hauteurs de rugosité aérodynamique deviennent progressivement de plus en plus faibles (Fig. 3 et 4). Dans notre domaine d'étude, trois grandes catégories de surface au regard de leur hauteur de rugosité aérodynamique peuvent au minimum être définies en allant des états de surface très lisses à moins érodables et rugueux.

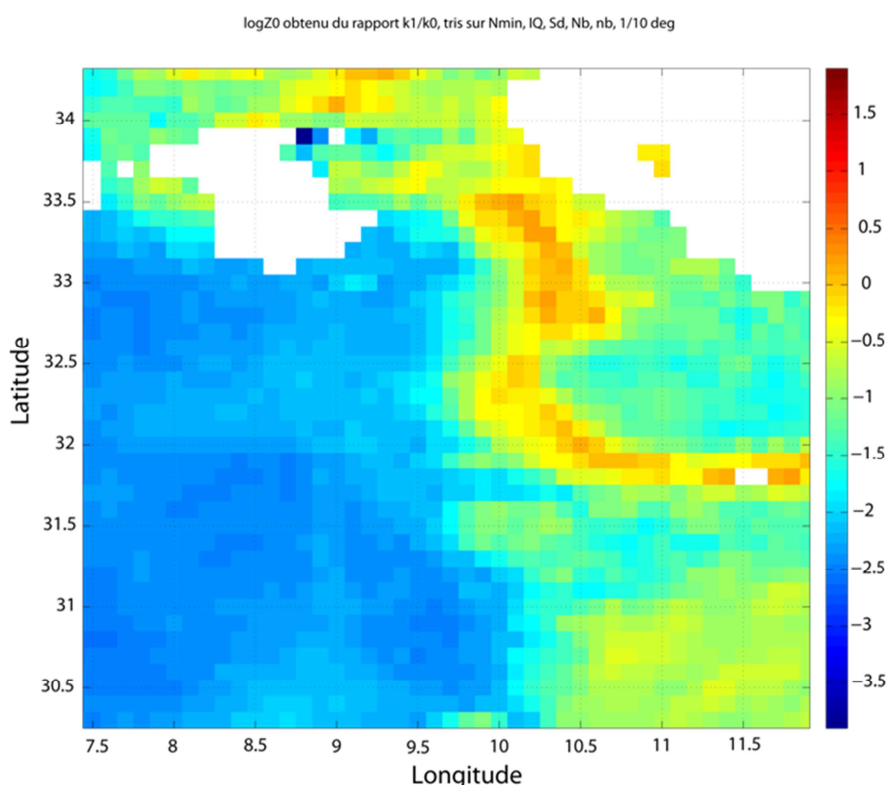


Fig. 3. Carte de logarithme décimal de la hauteur de rugosité aérodynamique, $\log(z_0)$, avec une résolution spatiale de $1/10^\circ \times 1/10^\circ$ pour les zones arides et désertiques tunisiennes

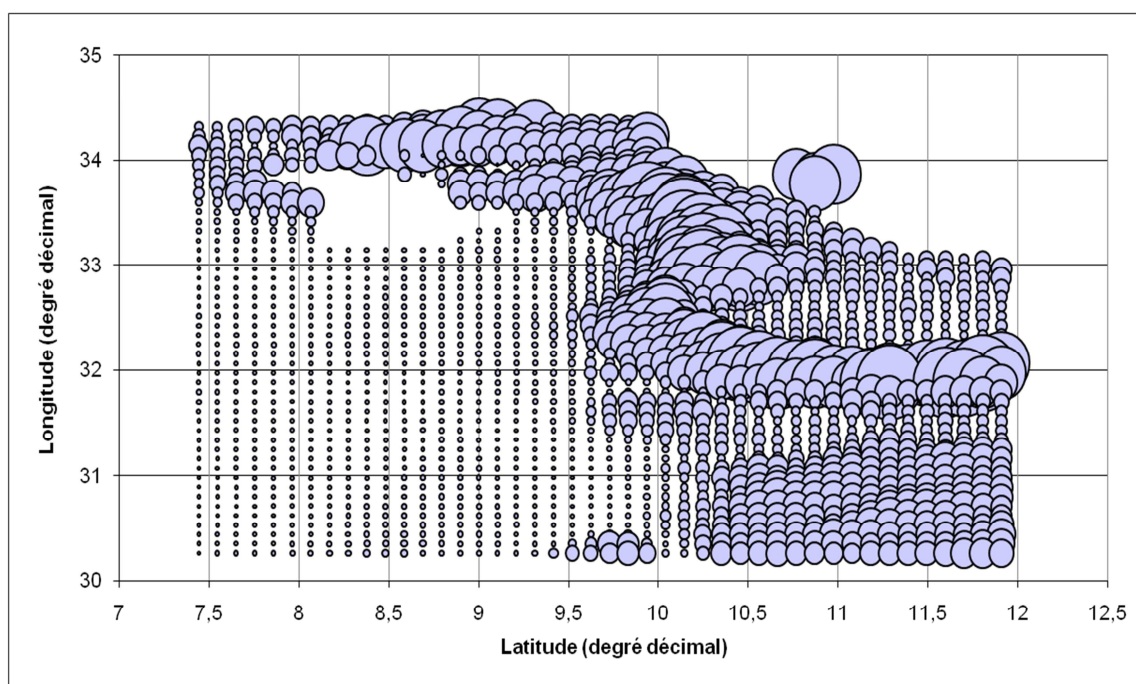


Fig. 4. Variation de la hauteur de rugosité aérodynamique dérivée de POLDER en fonction de la latitude et la longitude (en degré décimal).

4 CONCLUSIONS

Ce travail décrit la mise au point d'une carte de rugosité aérodynamique des zones arides et désertiques tunisiennes dérivée du radiomètre POLDER à la résolution spatiale de $1/10^\circ \times 1/10^\circ$. Selon la géomorphologie des régions naturelles, en particulier suivant la position par rapport au massif montagneux des Matmatas et du Dahar, ce domaine d'étude présente un gradient de rugosité de surface allant des états de surface très lisses à moins érodables et rugueux.

Par ailleurs, la mesure réalisée par POLDER est une valeur intégrant l'ensemble des rugosités de ces différentes surfaces sans qu'il soit possible de déterminer la contribution respective de chacune au signal obtenu. En effet, la valeur de hauteur de rugosité restituée à partir des mesures POLDER ne traduit une vraie rugosité de la surface que dans le cas de surfaces homogènes (ou très majoritairement dominées par un état de surface). Il est important, par conséquent, dans le cas où plusieurs types d'état de surface sont significativement présents dans le pixel de déterminer la contribution respective de chacune au signal obtenu.

RÉFÉRENCES

- [1] Floret, C. et R. Pontannier, "L'aridité en Tunisie présaharienne", *Trav. Et doc. ORSTOM*, 150, 544 pp, 1982.
- [2] Gillette D.A., J. Adams, A. Endo, D. Smith and R. Khil, "Threshold velocities for input of soil particles into the air by desert soils", *J. Geophys. Res.*, 85, 5621-5630, 1982.
- [3] Gillies, J. A., N. Lancaster W. G. Nickling, and D. M. Crawley, "Field determination of drag forces and shear stress partitioning effects for a desert shrub (*Sarcobatus vermiculatus*, Greasewood)", *J. Geophys. Res.*, 105, 24,871– 24,880, 2000.
- [4] Greeley, R., N. Lancaster, R. J. Sullivan, R. S. Saunders, E. Theilig, S. Wall, A. Dobrovolski, B. R. White, and J. D. Iversen, "A relationship between radar backscatter and aerodynamic roughness: Preliminary results", *Geophys. Res. Lett.*, 15, 565– 568, 1988.
- [5] Greeley, R., Blumberg, D.G, McHone, J.F., Dobrovolski, A., Iversen, J., Lancaster, N., Rasmussen, K.R., Wall, S., White, B., "Applications of spaceborne radar laboratory data to the study of aeolian processes", *J. Geophys. Res.*, 102, 10,971– 10,983, 1997.
- [6] King, J., W. G. Nickling, and J. A. Gillies, "Representation of vegetation and other nonerodible elements in aeolian shear stress partitioning models for predicting transport threshold", *J. Geophys. Res.*, 110, F04015, doi:10.1029/2004JF000281, 2005.

- [7] Laurent, B., "Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle continentale : Analyse climatologique des émissions du nord-est de l'Asie et du nord de l'Afrique", *Thèse de Doctorat en Chimie de la pollution Atmosphérique et Physique de l'Environnement*, Université Paris 12 – Val de Marne, 222 pp, 2005.
- [8] Laurent, B., Marticorena, B., Bergametti, G., Chazette, P., Maignan, F., Schmechtig, C., "Simulation of the mineral dust emission frequencies from desert areas of China and Mongolia using an aerodynamic roughness length map derived from the POLDER/ADEOS 1 surface products", *J. Geophys. Res.*, 110, D18S04, doi: 10.1029/2004JD005013, 2005.
- [9] Li, L., Martz, L.W., "System of numeric models for sand particle transport by wind", *J. Geophys. Res.*, 99, 12,999-13,012, 1994.
- [10] Marticorena, B. and G. Bergametti, "Modeling the atmospheric dust cycle: 1. Design of a soil-derived dust emission Scheme", *J. Geophys. Res.*, 100, 16415-16430, 1995.
- [11] Marticorena, B., Chazette, P., Bergametti, G., Dulac, F., Legrand, M., "Mapping the aerodynamic roughness length of desert surfaces from the POLDER/ADEOS bi-directional reflectance product", *Int. J. Remote Sensing*, 25, 3, 603-626, 2004.
- [12] Marticorena, B., M. Kardous, G. Bergametti, Y. Callot, P. Chazette, H. Khatelli, S. Le Hégarat-Masclé, M. Maillé, J.L. Rajot, D. Vidal-Madjar and M. Zribi, "Surface and aerodynamic roughness in arid and semiarid areas and their relation to radar backscatter coefficient", *J. Geophys. Res.*, 111, F03017, doi:10.1029/2006JF000462, 2006.
- [13] McKenna-Neuman, C., Nickling, W.G., "Momentum extraction with saltation: Implications for experimental evaluation of wind profile parameters", *Boundary-Layer Meteorol.*, 68, 35-50, 1994.
- [14] Priestley, C. H. B., "Turbulent Transfer in the Lower Atmosphere", *University of Chicago Press*, Chicago, 130 pp, 1959.
- [15] Roujean, J.L., Leroy, M., Deschamps, P.Y., "A bidirectional reflectance model of the Earth's surface for the correction of remote sensing data", *J. Geophys. Res.*, 97, 20,455-20,468, 1992.
- [16] Roujean, J.L., Tanré, D., Bréon, F.M., Deuzé, J.L., "Retrieval of land surface parameters from airborne POLDER bidirectional reflectance distribution function during HAPEX-Sahel", *J. Geophys. Res.*, 102, 11,201-11,218, 1997.
- [17] Shao, Y., Raupach, M.R., Leys, J.F., "A model for predicting aeolian sand drift and dust entrainment on scales from paddock to region", *Aust. J. Soil Res.*, 34, 309-342, 1996.

Psychologie Informatique et son impact sur le comportement humain

[Computers psychology and its impact on human behavior]

Salmane Bourekkadi, Samira Khouliji, Aziz Mabrouk, Kerkeb Mohamed Larbi, Majida Laaziri, and Otmane Omari

Département de Statistique et d'Informatique, Ecoles Nationales des Sciences Appliquées de 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 work represents a general view on 'psychological computing which is a system of techniques deduced from computing in the philosophical domain containing concepts, methods, computing tools of psychology or neuroscience. . This aims to solve problems, from human behavior and adapted to the digital world while using applications in the field of digital technologies, design and evaluation techniques for human-computer interactions.

KEYWORDS: Philosophy, knowledge management, management, adaptive system, Knowledge engineering, Knowledge modeling, innovation, Information Gathering.

RESUME: Ce travail représente une vue générale sur la «Psychologie Informatique » qui est un système de techniques issues de l'informatique au domaine philosophique contenant des concepts, méthodes, outils de l'informatique, de la psychologie, ou encore des neurosciences. Ceci a pour objectif de résoudre des problèmes, issus du comportement humain et adapté à l'univers du numérique tout en utilisant des applications dans le domaine des technologies numériques, des techniques de conception et d'évaluation pour les interactions Homme-Machine.

MOTS-CLEFS: philosophie, gestion des connaissances, management, système adaptatif, ingénierie des connaissances, modélisation des connaissances, innovation, collecte d'informations.

1 INTRODUCTION

Le domaine des systèmes d'information est en perpétuelle dynamique, par conséquent les métiers devront s'adapter aux nouveaux modèles de fonctionnement en se focalisant tout d'abord sur le métier de la psychologie tout en exploitant les nouvelles et les dernières sortes de technologies sans oublier le rôle des normes au niveau de la conception et du développement.

La Psychologie informatique est une science à part entière; aux confluent des sciences de l'information et de la psychologie, elle est aussi l'une des technologies nécessaire au développement de l'E-psychologie. Elle permet d'affiner et d'accélérer ou automatiser certains moyens d'investigation psychologique et de diagnostic. Elle apporte de nouveaux mécanismes et moyens d'interprétation et de raisonnement psychologique, d'abstraction et d'élaboration des connaissances, de mémorisation et d'apprentissage. La science du traitement de l'information philosophique touche aux fondements de la psychologie et impose de nouvelles pluridisciplinarités.

L'idée consiste à développer une approche multidisciplinaire, aux confins des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur privilégiant les interactions de l'homme avec son environnement en se basant sur l'étude de terrain et la modélisation. Nous allons décrire des systèmes sociaux-techniques, c'est-à-dire les approches interdisciplinaires des problématiques santé-environnement-territoire, compréhension de textes, analyse de la blogosphère ou des réseaux

sociaux, contrôle aérien...ainsi que la vie artificielle et la robotique : l'apprentissage artificiel dont on peut doter les systèmes autonomes et qui s'inspirent des comportements naturels sans oublier les neurosciences intégratives : brain computing, modélisation perceptivo-motrice ... qui s'attachent aux réactions des sujets et aux apprentissages dans le cadre de la modélisation de l'action.

90% des connaissances sont dans les têtes et les 10% restant sont dans les documents, livres et ordinateurs. Ceux-ci ne sont en fait utilisés qu'à 10 % de leur capacité, l'ordinateur peut rechercher, stocker et traiter les connaissances, mais c'est la façon de transmettre les connaissances qui est importante. Énormément d'informations et de connaissances sont sur le web, mais la manipulation de ces connaissances n'est pas bien développée. L'Intelligence Artificielle a tout son rôle à jouer.

Un système expert est un ensemble de logiciels modélisant, dans un domaine, les compétences et les modes de raisonnement d'un ou de plusieurs experts.

Le système expert évite d'avoir à écrire de nouveaux programmes pour réinjecter de l'information : grâce à son module d'acquisition, on peut incorporer une donnée nouvelle en cours d'utilisation. Le système expert est conçu pour aider un utilisateur dans un domaine particulier à trouver la solution adaptée à son questionnement, et ce, bien évidemment, dans l'état actuel des connaissances spécialisées.

Dans cette communication, nous allons décrire deux points fondamentaux, premièrement, la remise en cause du « behaviorisme », et deuxièmement, la possibilité de construire des modèles intégrant des données de la neurosciences et de la psychologie cognitive en bénéficiant des simulations et des modélisations issues des apports de l'informatique. La limite étant que cela ne répond pas aux attentes d'expliquer l'homme en situation dans tous les environnements ...

2 CONCEPTION D'UN SYSTÈME EXPERT

L'ingénieur cognitif utilise, pour élaborer son système expert, une méthode essentiellement empruntée aux sciences humaines. En effet, il n'existe pas de méthode tout faite pour cerner les différentes stratégies des experts. Mais, d'une manière générale, le concepteur vise à dégager trois niveaux au sein de la masse des connaissances.

En premier, le niveau structurant concerne les procédures déductives utilisées dans le domaine considéré pour atteindre la certitude.

Quand le cognitif maîtrise ce niveau, il est à même de représenter la connaissance au niveau conceptuel, où figureront les concepts dont le spécialiste fait un usage courant.

Enfin, le niveau cognitif contiendra une quantité maximale de connaissances brutes relatives au domaine en question.

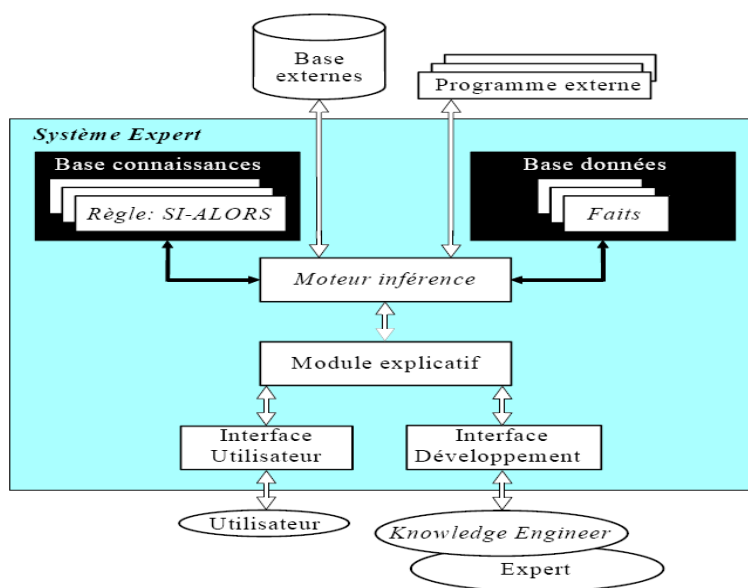


Fig. 1. conception d'un système expert

2.1 EVALUATION D'UN SYSTÈME EXPERT

Un système expert présente plusieurs avantages :

- Représentation naturelle de la connaissance
- Séparation entre connaissance et traitement

Mais cela pose un problème au niveau de

- BC : Formalisme Simple. Relations opaques entre les règles
 - Interaction logique entre les règles se fait à travers le moteur d'inférence (boîte noire),
 - Comment une règle influence le processus de raisonnement?
- Méthode de recherche inefficace
 - Le moteur d'inférence applique une recherche exhaustive à chaque cycle,
 - De grands ensembles de règles (plus de 1000) rendent le processus assez lent.
- Pas d'apprentissage possible (systèmes classiques)
 - Impossibilité de modifier les règles existantes ou d'en ajouter de nouvelles,
 - Utilisateur responsable des modifications du système.
- De grandes difficultés pour l'acquisition des connaissances

2.2 ACQUISITION DE LA CONNAISSANCE

Pour un système de règles, il est estimé qu'à l'aide d'interviews, on peut générer un nombre très limité de règles par jours.

Les causes sont les suivantes :

- L'ingénieur n'est pas un spécialiste dans le domaine d'expertise, mais il doit apprendre une base de connaissances minimum pour communiquer avec l'expert.
- L'expert ne pense pas en général en termes de grands principes mais en termes de situations typiques et d'événements classiques.
- Il est déjà difficile de mettre au point un cadre (notations) pour exprimer la connaissance, même sur papier.

Pour dépasser les limites du système d'expert il faut :

- Mieux modéliser le raisonnement
- Mieux modéliser le domaine

3 INGÉNIERIE DES CONNAISSANCES

L'ingénierie des connaissances évoquerait les techniques pour manipuler des connaissances sur ordinateur.

L'effort se porte sur:

- Identification & Acquisition
- Modélisation & Formalisation
- Utilisation
- Maintenance & Gestion

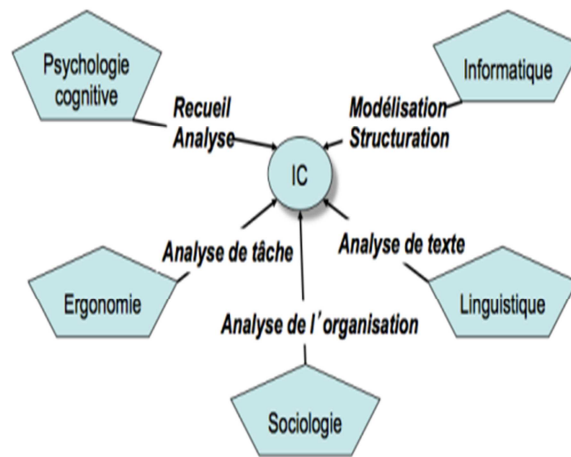


Fig. 2. composants « Ingénierie des connaissances »

Intervention de plusieurs disciplines

- Intelligence artificielle
- Systèmes d'information & documentaires
- Génie logiciel
- Programmation Orientée objet, Agent
- Programmation Logique
- Interfaces Homme Machine
- Linguistique (Langage naturel, Terminologie)
- Logique (Raisonnement Logiques formelles)
- Psychologie
- Ergonomie (IHM, approche utilisateur)
- Pédagogie & Enseignement
- Philosophie (à ontologie)
- Sémiotique (Signes et représentations)
- Sociologie & Anthropologie (collectif)

3.1 MODÈLES DE CONNAISSANCES

Il existe deux types de connaissances :

- **Connaissances du domaine** (entités du domaine, relations entre ces entités).
 - Un modèle du domaine minimal peut accélérer l'acquisition de connaissances.
 - bien structurer les connaissances du domaine, indépendamment de l'implémentation.
- **connaissances du raisonnement** : connaissances stratégiques: buts à atteindre et comment les atteindre...

3.2 RECUEIL ET EXTRACTION DES CONNAISSANCES

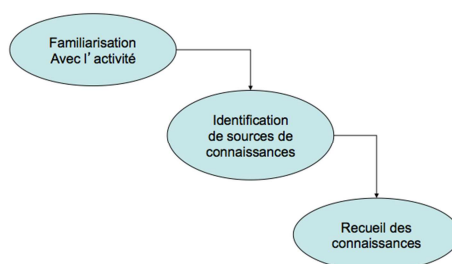
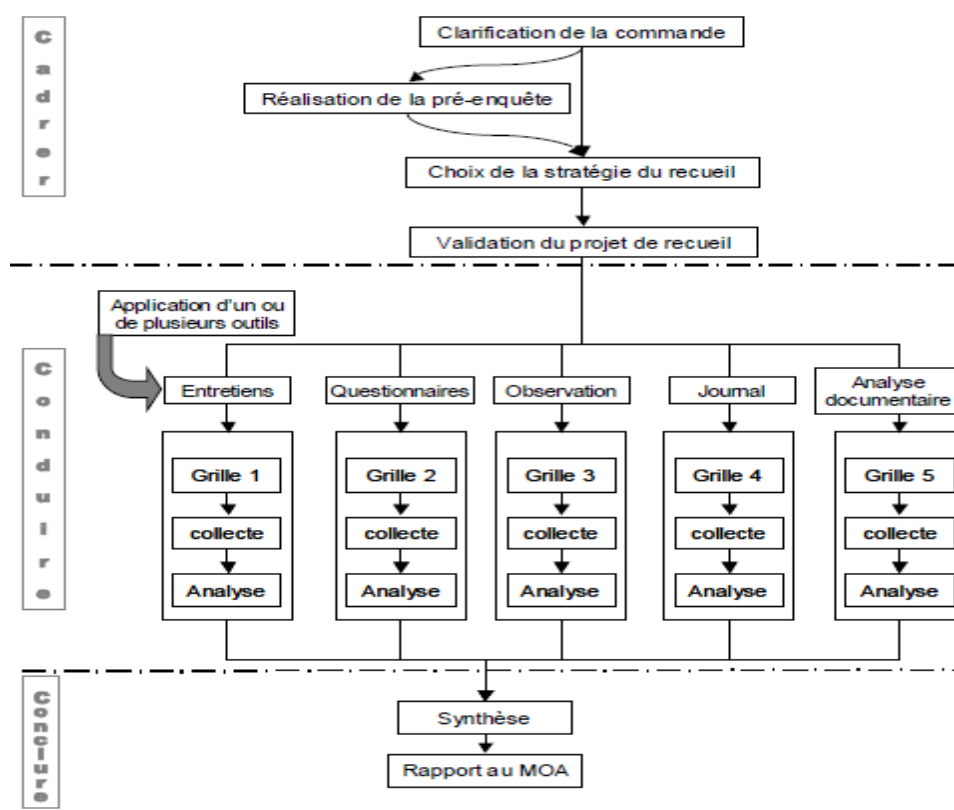


Fig. 3. Recueil et extraction des connaissances

❖ Techniques de recueil

- **Place par rapport à l'activité** : préalable, concomitante ou consécutive
- **Mode de communication** : direct, téléphone, courrier
- **Analyse des réponses** : qualitative ou quantitative
- **Types de connaissances recueillies** :
 - Automatismes / habiletés : observations, expérimentations
 - Règles : simulations dans le contexte, verbalisations
 - Schémas, connaissances déclaratives: entretiens centrés
- **plans et stratégies** : entretiens, simulations avec variations d'énoncés
- **Origine des données verbales** : spontanée (activité) / provoquée (questionnaires)
- **Situation du recueil** : conditions habituelles/transformées : simulations, entretiens ; en groupe / individuel
- **Documentation et compte rendu** : notes, retranscriptions
- **Mode d'accès aux connaissances** : direct (observations)/ indirect (indicateurs)

❖ Processus de recueil

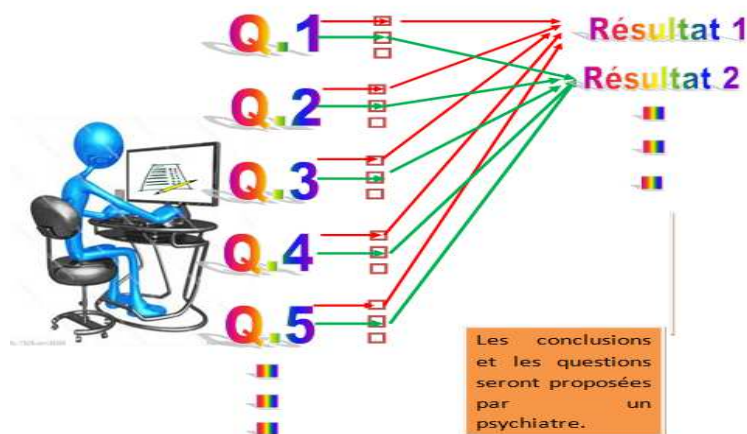


4 ETUDE DE CAS

Suite à une étude statistique qu'on a fait sur la relation existant entre les marocains et les psychologues, on a noté que :

- La majorité totale des gens ont des troubles psychiques.
- la grande popularité ne veut pas avouer leurs troubles psychiques même au gens proches (famille, collègues, amis)
- La majorité des gens refusent d'avouer qu'ils visitent des psychologues à cause du jugement de la société.

Alors possible de dire et confirmer que la méthode utilisée par les psychologues « bureau physique » ne répond pas sur le besoin des marocains d'où viennent le besoin d'innovation d'un système capable de communiquer l'utilisateur tant qu'un psychiatre afin d'éviter l'obstacle existe entre citoyen / psychiatre.



Outre le coût du traitement, les malades font face à une autre problématique liée à la rareté des centres d'accueil de jour destinés aux usagers de la psychiatrie. Donc, la mise en place d'un système portable et gratuit sur les Smartphones va permettre

- L'éducation/sensibilisation à distance.
- Le contrôle, suivi et la communication entre maladie /psychiatre.

5 CONCLUSION

La prise en charge thérapeutique des pathologies psychiques ne se limite plus aujourd'hui aux traitements médicamenteux. **Sans une approche multidisciplinaire**, incluant l'aspect, technologie, psychologique social de la maladie, le patient ne pourra pas vaincre sa maladie.

REFERENCES

- [1] The cognitive approach: the basics : Aidan Sammons
- [2] Towards a cognitive approach to human machine cooperation in dynamic situations : JEAN-MICHEL HOC
- [3] Foundations of Cognitive Psychology : Daniel J.levitin
- [4] The Case Formulation Approach to Cognitive-Behavior Therapy : Jacqueline B. Persons, Series Editor
- [5] Cognitive and Emotional processes in Web-Based Education : Integrating Human Factors and Personalization : Constantinos Mourlas, Nikos Tsianos, Panagiotis Germanakos
- [6] Computer Simulation of Human Thinking : Allen Newell, Herbert A. Simon
- [7] HUMAN-COMPUTER INTERACTION: Psychology as a Science of Design : John M. Carroll
The Prospects for Psychological Science in Human-Computer Interaction: Allen Newell, Stuart K. Card

Stratification et classification phytosociologique des forêts secondaires d'Afrique Centrale

Constantin Lubini Ayingweu

Laboratoire de Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoirs Endogènes,
Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences,
Université de Kinshasa, B.P 190 Kin 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: On one floristical, chorological and ecological analysis of secondary vegetation forest of Central Africa, one stratification and phytosociological classification of secondary forests proposed by [1] is revised and extended at whole of the Central Africa. In on, one list of 302 characteristic species of different stages development and their major geographical distribution in the Sub-Centers Low-Guinea and Congolian of the Regional Center of endemism Guineo- Congolian is stabilised. One stratification, and same rules or recommendations of the International Code of Phytosociological Nomenclature 3rd edition 2000[2], three *alliances*, one *sub-alliance* and four *associations* phytosociological new of Central Africa secondary forests, accompanied by their diagnoses and types are proposed.

KEYWORDS: Stratification, Classification, Phytosociological, Secondary forests, Central Africa.

RÉSUMÉ: Sur base d'une analyse floristique, chorologique et écologique de la végétation de forêts secondaires d'Afrique Centrale, une stratification, et la classification des forêts secondaires du Congo proposée par [1] est revue et étendue à l'ensemble de l'Afrique centrale. Pour ce faire, une liste de 302 espèces caractéristiques de différents stades évolutifs et leurs distributions géographiques majeures dans les Sous-Centres Bas-Guinéen et Congolais sont établies. Une stratification, et en accord avec certaines dispositions du Code International de Phytosociologie, 3^{ème} édition 2000[2], trois *alliances*, une *sous-alliance* et quatre *associations* phytosociologiques nouvelles des forêts secondaires de l'Afrique Centrale, accompagnées de leurs diagnoses et types sont proposées.

MOTS-CLEFS: Stratification, Classification, Phytogéographie, Phytosociologie, Forêts secondaires, Afrique Centrale.

1 INTRODUCTION

En Afrique centrale, les populations rurales, péri-urbaines et les entreprises d'exploitation forestière ont très largement modifié la structure, la composition floristique et faunique, ainsi que les sols des forêts matures de la contrée. La végétation forestière résultant de ces modifications se distingue des forêts initiales par un ensemble de caractères physiologiques, structuraux, floristiques, fauniques, écologiques et synchorologiques. Ces forêts sont ainsi appelées forêts secondaires. La [3] estime à 34,841 millions d'hectares, l'étendue couverte par ces forêts secondaires pour l'ensemble de l'Afrique centrale.

[4] a étudié les « brousses secondaires » en Afrique Equatoriale ; il y évoque l'évolution de la richesse floristique au cours des successions post-culturelles. Dans le Mayumbe congolais de Brazzaville, [5] reconnaît huit stades évolutifs dans le processus évolutif de la reconstitution forestière au Congo. Pour chaque stade, l'auteur cite quelques espèces caractéristiques et évoque l'aspect physiologique de la végétation. Au Cameroun, [6] étudie la formation et l'évolution des recrus sur savanes en région guinéo-congolaise. L'étude est menée dans les savanes guinéennes (savanes péreforestières) du centre du Cameroun. À l'aide de transects et par la méthode du continuum, ces auteurs décrivent le processus de régénération

forestière des formations herbeuses guinéo-congolaises sous climat tropical humide. Ils reconnaissent et caractérisent différents stades évolutifs de cette succession végétale secondaire qui débute par la jachère à *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. var. *africana* (Anders.) C. E. Hubbard à laquelle succèdent un groupement arbustif à dominance de *Margaritaria discoidea* (Baill. ex Müll.-Arg.) Webster en zone de lisière, une forêt à *Albizia adianthifolia* (Schumacher.) W. F. Wight, et enfin une forêt à *Rinorea oblongifolia* (C.H. Wright) Marquand ex Chipp. Cette étude montre qu'une forêt secondaire peut se constituer par un processus naturel sans une action humaine directe à l'origine.

2 CARACTERISTIQUES GEOPHYSIQUES DU MILIEU D'AFRIQUE CENTRALE

Géomorphologie

Deux principales unités géomorphologiques caractérisent l'Afrique centrale : les terres de basse altitude occupant la très grande partie, et celles de haute altitude limitant la première à l'est et à l'ouest.

Les zones de basse altitude sont l'étroite bande littorale et l'immense cuvette centrale congolaise, avec des altitudes variant respectivement entre 0- 300m et 300-600m jusqu'à plus de 1000m.

Les zones dont l'altitude dépasse 1000m sont les hauts plateaux d'Adamaoua, Bamenda, Bamileke, Yadé, Uélé, Ituri, Kwango, Kasai, Katanga, les monts Cristal, le Chaillu, les montagnes Cameroun, Virunga, Ruwenzori, et la dorsale du Kivu, ainsi que les montagnes des îles Bioko, Sao Tomé et Príncipe.

Géologie et sols

La géologie de cette sous- région est très variée.

Dans le nord de la cuvette centrale, les formations géologiques appartiennent pour l'essentiel au Précambien et sont généralement métamorphosées et granitisées.

Le soubassement ancien se recouvre localement de formations sédimentaires du mésozoïque et du cénozoïque qui elles, demeurent en position horizontale. Selon [7], il s'agit de formations constituées de roches sédimentaires archéennes (3500-2600 MA), sédimentaires protérozoïques (2600- 570 MA), sédimentaires crétaciques (142- 65 MA). Ce sont des terrains très anciens.

Dans le sud de la cuvette centrale, le soubassement ancien est un socle datant du précambien. Ce socle forme le complexe de base ou craton du Kasai. Il se compose notamment de gneiss, de micaschistes, d'amphibolites et de magmatites. Les formations géologiques de couverture appartiennent aux couches d'âge mésozoïque (correspondant au système du Karoo d'anciens géologues), et les formations d'âge cénozoïque (ou système du Kalahari). Les sols dérivent de ces deux formations géologiques. En général ils sont argileux et sableux à sablonneux sur les plateaux et sommets des collines mais argileux ou argilo- sableux dans les vallées et les zones des replats.

Climats

Malgré sa situation géographique équatoriale, l'Afrique Centrale jouit d'une diversité de climats chauds et humides. [8] y distingue les climats continentaux, les types équatorial, subéquatorial et de hauts- reliefs d'une part et d'autre part les climats soumis aux influences maritimes de l'océan atlantique. Si les températures subissent de faibles variations annuelles, les précipitations sont inégalement réparties sur l'ensemble de l'aire. On peut y reconnaître :

- une zone hyper- humide, avec des précipitations moyennes annuelles dépassant 3000mm, notamment la région de Douala, de Libreville, de Port Gentil, la Guinée- Equatoriale Continentale, les îles de Bioko, de Sao Tomé, Príncipe, et Annobon;
- une zone per- humide recevant 1700- 2000mm de précipitations moyennes annuelles : cuvette centrale congolaise, les monts Cameroun et Virunga où on enregistre des variations de pluviométrie dues à l'altitude;
- une zone à climat subéquatorial englobant le nord- ouest et le sud-ouest de la cuvette centrale. Dans le nord- ouest, la région de l'Oubangui- Shanga, notamment à Ngotto en R.C.A., [9] rapporte, pour la période de 1994-2000, une pluviométrie variant entre 1000mm et 2000mm et dans le nord du Congo- Brazzaville, à Ouessou où la pluviométrie annuelle est de 1730mm. L'indice pluviométrique calculé par [8] s'élève à 1500- 2000mm, la température moyenne annuelle est de 25°C. Plus à l'est, la région du Haut-Uele a le même climat. Dans le sud-ouest de la cuvette centrale congolaise, on rencontre également un climat subéquatorial. L'indice pluviométrique se situe entre 1500 et 2000mm. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées à Kikwit, Kiyaka, Kananga, Kinshasa et M'vuazi (Bas- Congo) atteignent

respectivement 1500, 1600, 1400, 1500 et 1600mm ; l'humidité atmosphérique demeure élevée, soit 83% à M'vuazi, pour la période 1997- 2005. La partie sud du Gabon s'intègre dans cette zone.

Végétation

Dans l'étroite bande littorale, la végétation dominante est la forêt ombrophile sempervirente littorale hygrophile. Au centre de la cuvette centrale congolaise, elle est aussi de type ombrophile sempervirente mais parfois avec tendance semi-sempervirente due par les caractéristiques édaphiques et aux fléchissements de pluies en certaines périodes de l'année. Les zones périphériques nord et sud de la cuvette centrale congolaise portent des forêts ombrophiles semi-sempervirentes guinéo-congolaises, selon la nomenclature proposée par [10], ou forêts mésophiles semi-caducifoliées subéquatoriales et guinéennes au sens de [1]. Ces différents types de forêts sont floristiquement dominés par les *Rubiaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Apocynaceae*, *Annonaceae* et *Malvaceae*. Les divers groupements végétaux des forêts matures desquelles sont issues les forêts secondaires se sont développées dans ce contexte climatique chaud et humide sur des sols très divers.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

1°. Matériel

Des récoltes d'échantillons botaniques ainsi que des observations écologiques ont été menées dans plusieurs zones de l'Afrique Centrale forestière, entre 1989 et 2008: région de Douala, Loum, et de Yaoundé au Cameroun ; autour de Libreville, de Makokou et du Parc de la Lopé au Gabon; de Brazzaville et de Dimonika au Congo ; de Bangui en République Centrafricaine ; du Mayombe, Bas-Congo, Cuvette centrale et ses pourtours nord-est, sud-ouest du Congo- Kinshasa ainsi que la consultation de matériel rassemblé dans les Herbiers de Meise, de l'Université Libre de Bruxelles et de l'Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques de Kinshasa et de Yangambi. Les informations ainsi rassemblées, auxquelles s'ajoutent celles de la littérature ont permis d'élaborer une liste de 302 principales espèces caractérisant les forêts secondaires de cette région d'Afrique. Il s'agit d'espèces caractéristiques des syntaxons au sens de phytosociologie, identifiées dans leurs aires de distribution géographique en Afrique Centrale.

2°. Méthodes

Le concept de forêt secondaire

La forêt secondaire en général (Fs) se distingue de la forêt mature non seulement par sa composition floristique, la biologie et l'écologie des espèces constituantes mais aussi par son histoire et son évolution. Dans cette étude, la forêt secondaire (Fs) est entendue dans ses différents stades évolutifs et comprise comme « une végétation forestière transitoire, couvrant de superficies relativement importantes, formée à la suite d'importantes perturbations d'origine principalement anthropique, ou naturelle, totale ou partielle de la forêt mature, sous des conditions écologiques de nature climatique, édaphique et chorologique, évoluant par étapes successives, et possédant une composition floristique dominée par des formes ligneuses à croissance rapide et essentiellement héliophiles, à fructification précoce, tardive ou saisonnière».

Les relevés phytosociologiques

Cent vingt relevés phytosociologiques effectués sur des surfaces variant entre 300 et 625m² ont été effectués dans les cinq zones éco- chorologiques que nous considérons dans le cadre de cette note. Ils ont été faits sur base de la méthode floristico- écologique stigmatiste aux différents stades évolutifs de la sère. Ainsi, une trentaine environ de relevés ont été réalisés dans l'hydrosère, c'est- à- dire dans les jachères et recrus forestiers évoluant sur les substrats hydromorphes tandis qu'une centaine concerne la végétation de la sère : jachères préforestières, forêts secondaires jeunes, et matures évoluant sur les substrats non hydromorphes de basse et haute altitude. Un autre paramètre de choix des sites des relevés est la variation de la durée de la saison sèche selon les gradients latitudinal et méridien, c'est- à- dire du centre de la cuvette centrale congolaise vers la côte atlantique et du nord vers le sud de l'équateur de la région étudiée. En effet, il est connu, en général que la durée de la saison sèche augmente avec l'éloignement de la côte (gradient méridien) et avec l'éloignement de l'équateur (gradient latitudinal). Ces relevés ont fait l'objet d'analyse floristique, écologique, phytosociologique et chorologique. Les résultats de cette analyse ont permis de proposer la révision du grand cadre phytosociologique proposée par [1].

L'analyse des aires de distribution des espèces caractéristiques des syntaxons

Les travaux de [11] [12] et de [13] [10] ont mis en évidence la variation locale de la flore initiée par des facteurs écologiques, notamment les précipitations, la durée de la saison sèche et les types de sol. En effet, sur toute l'aire d'Afrique Centrale, on observe un gradient de la pluviométrie ainsi que la durée de la saison sèche, de la côte atlantique vers l'intérieur du continent. Ainsi s'explique l'existence d'un certain endémisme qu'initient des microclimats locaux.

[14], tout comme Descoings cité par ce dernier, proposent la combinaison de critères d'ordre physiologique (en terme de type de végétation, forêt par exemple), groupes écologiques, microécologiques et choroécologiques pour caractériser et classer les groupements végétaux.

Une analyse des aires de distribution géographique de 302 espèces les plus caractéristiques de la flore des Fs a mis en évidence cinq types d'aire de distribution sur l'ensemble de l'Afrique Centrale. Au sens de l'analyse floristique faite par [13], la flore des Fs d'AC fait partie des deux entités chorologiques: le Bas-guinéen, et le Congolais. Chacune de ces entités comporte un certain nombre d'espèces propres qui représentent son originalité floristique. Par contre, d'autres espèces se rencontrent dans les deux entités chorologiques; elles s'adaptent aux variations microclimatiques et édaphiques locales dans chacune des deux Sous-Centres d'endémisme guinéo-congolais proposés par [13]: c'est le Bas-guinéo-Congolais ou le Centro-guinéen selon [11].

Le comportement de ces espèces à l'égard des facteurs écologiques varie au cours des successions végétales secondaires. Chaque stade évolutif se distingue par des caractéristiques édaphiques, microclimatiques et floristiques propres [15]. Et la végétation de chaque stade évolutif présente une physiologie particulière, induite par les caractères morphologiques, autécologiques et syngénétiques des espèces constitutives.

Les caractères synchorologiques que révèle notre analyse permettent de distinguer cinq types d'éléments: espèces du Bas-Guinéen atlantique, espèces Secteur Forestier Central [16], espèces du Bas-Guinéen sublittoral comprenant la chaîne du Mayombe et des plateaux intérieurs continentaux, espèces du pourtour sud-ouest des Secteurs Forestier central, du Kasai, et du Bas-Congo [16], et enfin les espèces de la dorsale occidentale du lac Kivu et la zone de transition. Tous ces éléments permettent d'identifier et catégoriser les types de distribution géographique des espèces caractéristiques des forêts secondaires de ces deux Sous-Centres d'endémisme guinéo-congolais: le Bas-guinéen et le Congolais [13].

Nous distinguons ainsi, les espèces largement dispersées dans l'ensemble des unités chorologiques de notre dition, et les espèces réalisant leurs aires de distribution majeure dans l'une ou à l'autre de ces unités. Pour l'ensemble de la flore étudiée, nous retenons les groupes de différentiels suivants, considérés dans leurs contextes chorologique, écologique, et phytosociologique. Pour chaque groupe, il est donné un exemple précis:

1. Les espèces de la forêt secondaire du « Bas-Guinéen atlantique » vivant dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise sempervirente littorale hygrophile, sous un climat hyperhumide : ex. *Cola lizae* N. Hallé ;
2. Les espèces de la forêt secondaire congolaise cantonnées dans le « bassin du fleuve Congo », principalement dans le Secteur Forestier Central [16], se développant dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente, sous un climat perhumide : ex. *Oncoba subtomentosa* Gilg;
3. Les espèces de la forêt secondaire du « Bas-Guinéen sublittoral » comprenant la chaîne du Mayombe et des plateaux intérieurs continentaux, croissant dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise semi-sempervirente, principalement dans le Secteur du Mayombe [16] sous un climat subéquatorial caractérisé par une période de sécheresse de trois mois et de défoliation prolongée: ex. *Xylopia toussaintii* Boutique;
4. Les espèces de la forêt secondaire du « Bas-Guinéen, Secteur Continental » [14] et du pourtour sud-ouest des « Secteurs Forestier central, Kasai, et du Bas-Congo » [16], établies dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise, semi-sempervirente, péguinéenne méridionale sous un climat subéquatorial méridional une période défoliation prolongée: ex. *Vernonia brazzavillensis* (Aubrév.) Compère;
5. Les espèces de la « dorsale occidentale du lac Kivu et la zone de transition », cantonnées dans l'aire de forêts de montagne ou sub-montagnarde, sempervirente (Secteurs Forestier central et des Lacs Edouard et Kivu, [16] : ex. *Musanga leo-errerae* Hauman & J. Léonard.

Notons que les territoires phytogéographiques définis par [16] débordent dans les pays limitrophes du Congo Kinshasa. C'est le cas des Secteurs du Forestier Central, du Kasai, du Bas-Congo et du Mayombe qui se prolongent respectivement en territoire centrafricain, congolais de Brazzaville, angolais et même dans le sud du Gabon (Mayumba). Le tableau 1 suivant donne la distribution géographique majeure des espèces caractéristiques différentielles des unités phytosociologiques pour l'ensemble de la végétation forestière secondaire. Il s'agit d'un extrait des 302 espèces caractéristiques principales analysées et réalisant leur optimum écologique en forêts secondaires. Chaque espèce est placée dans le stade évolutif et zone phytogéographique dans laquelle elle réalise son optimum écologique (dimensions, vigueur, état reproductif, occupation spatiale). Notons que la catégorie des caractéristiques d'alliance présente une distribution géographique restreinte, limitée à seul secteur. Elles constituent les caractéristiques locales et représentent l'originalité de la flore. Dans la plupart des cas, ce sont de petits arbres, arbustes, lianes ou herbes des synusies inférieures. Les caractéristiques des Ordres s'observent dans

deux ou trois zones écologiques tandis que celles de la *Classe* sont diséminées dans l'ensemble d'Afrique Centrale. Celles des *alliances* sont, le plus souvent, cantonnées dans chacune des cinq entités chorologiques distinguées dans le tableau.

Tableau 1 : Espèces caractéristiques de la classe et des ordres des syntaxons des forêts secondaires d'Afrique Centrale dans les cinq entités chorologiques.

Caractéristiques <i>Musango-Terminalietea</i>	1	2	3	4	5	GE
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir. (optimum)	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. var. <i>rufescens</i> (A.DC.) Taton	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	+	+	+	+	+	H- C- Zo
<i>Sclerocroton cornutus</i> (Pax) Kruijt (Syn. <i>Sapium cornutum</i>)	+	+	+	+	+	H- S- Au
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	+	+	+	+	+	H- C-An
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	+	+	+	+	+	H- C-An
Caractéristiques <i>Haumano- Musangetalia cecropioidis</i>						
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. F. Wight	+	+	+	+	+	H- S- Aut
<i>Albizia gummifera</i> (Gmel.) C.A. Sm. var. <i>ealaensis</i> De Wild.	+	+	+	+	+	H- S- Aut
<i>Albizia zygia</i> (DC.) Macbride	+	+	+	+	+	H- S- Aut
<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	+	+	+	+	+	H- C-S-Zo
<i>Buchnerodendron speciosum</i> Gürke	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Chaetocarpus africanus</i> Pax	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Croton sylvaticus</i> Hochst.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & Th. Dur.) J. Léonard	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Macaranga monandra</i> (De Wild. & Th. Dur.) J. Léonard	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Macaranga spinosa</i> Müll. Arg.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Maesopsis eminii</i> Müll. Arg.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Oncoba dentate</i> (P. Beauv.) Gilg	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Oncoba glauca</i> (P. Beauv.) Gilg	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Solanum torvum</i> Sw.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Tetrorchidium didymostemon</i> (Baill.) Pax ex K. Hoffm.	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	+	+	+	+	+	H- S-An
<i>Voacanga chaltiana</i> Pierre ex Stapf	-	+	+	+	+	H-S-Ba,Zo
<i>Plagiostyles klaineana</i> Pierre	+	+	-	-	-	H- S- Zo
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th. Dur.	+	-	-	-	+	H- S- Ba
<i>Rauvolfia caffra</i> Sonder (Syn. <i>R. macrophylla</i> Stapf)	+	-	-	+	-	H- S- Zo
<i>Solanum erianthum</i> D. Don (syn. <i>S. verbascifolium</i> L.)	+	-	-	+	-	H- S- Zo
<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem. ex Bureau	+	-	-	-	-	H- S- An
<i>Alchornea yambuyaensis</i> De Wild.	-	+	-	-	+	H- S- Zo
<i>Oncoba subtomentosa</i> Gilg	-	+	-	-	-	H- S- Zo
<i>Croton haumanianus</i> J. Léonard	-	+	-	-	+	H- S- Zo
<i>Dracaena mannii</i> Baker	-	+	+	-	+	H- S- Zo
<i>Croton mubango</i> Müll. Arg.	-	-	+	-	+	H- S- Zo
<i>Haumania leonardiana</i> Evrard & Bamps	-	+	-	-	-	H- S- Zo
<i>Melia bombolo</i> Welw.	-	-	+	-	-	H- S- Zo
<i>Protea madiensis</i> Oliv.	-	-	-	+	-	H- S- An
<i>Terminalia schimperiana</i> Hochst. (syn. <i>T. glaucescens</i> Planch. ex Benth.)	-	-	-	+	-	H- S- An
<i>Vernonia brazzavillensis</i> (Aubréville) Compère	-	-	-	-	+	H- S-An
Caractéristiques des <i>Zanthoxylo- Terminalietalia</i>						
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	+	+	+	+	+	H- C- An
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	+	+	+	+	+	H-C-Zo, Aut

<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	+	+	+	+	+	H- C- An
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	+	+	+	+	+	H- S- An
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	+	+	+	+	+	H- S- An
<i>Holoptelea grandis</i> (Hutch.) Mildbr.	+	+	+	-	-	H- C- An
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg.	+	+	+	+	+	H-C-Zo
<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C.DC.	+	+	+	+	+	H- C- An
<i>Desplatsia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	+	+	-	+	+	H-S-C-Zo
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	+	+	+	+	+	H-S-Ba,Aut
<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.	+	+	+	+	+	H- C- An
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	+	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel. subsp. <i>africanum</i> (Müll. Arg.) J. Léonard	+	+	+	+	+	H-C-Zo, Aut
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC.	+	+	+	+	+	H-S-Ba, Zo
<i>Discoglypsemna caloneura</i> (Pax) Prain	+	+	+	-	+	H- S,C-Zo
<i>Zanthoxylum gillettii</i> De Wild.	+	+	+	-	+	H-S,C-Zo,Aut
<i>Ficus capensis</i> Thunb.	+	+	+	-	+	H- S- Zo
<i>Sterculia bequaertii</i> (Hutch.) Mildbr.	+	+	+	-	+	H- C- Zo
<i>Cordia africana</i> Lam.	+	+	-	+	-	H- C- Zo
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	+	+	-	-	+	H- C- Ba
<i>Dacryodes büttner</i> (Engl.) H. J. Lam	+	+	-	-	+	H-S, C-Zo
<i>Morus mesozygia</i> Stapf	+	+	-	+	-	H- C- Zo
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	+	-	+	-	-	H- S- An
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	+	-	+	+	-	H- C- An
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	+	-	+	-	+	H- S- Zo
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Ch.) Cap.	+	-	-	+	-	H- S- An
<i>Sterculia oblonga</i> Mast.	+	-	-	+	-	H- C- Zo
<i>Zanthoxylum welwitschii</i> Engl.	+	-	+	-	-	H-S, C- Zo
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	+	-	-	+	-	H- C-An
<i>Millettia versicolor</i> Welw. ex Bak.	+	-	-	-	+	H-S-Ba, Aut
<i>Celtis gomphophylla</i> Baker	-	+	+	+	+	H- S- Zo
<i>Celtis adolphi- friderici</i> Engl.	-	+	-	+	-	H- S- Zo
<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	-	+	+	+	-	H- C- Zo
<i>Bosqueiopsis gillettii</i> De Wild. & Th. Dur.	-	-	+	-	+	H- C- Zo
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	-	+	-	-	+	H- S- Zo
<i>Platysepalum violaceum</i> Welw.ex Bak. var. <i>vanhouttei</i>	-	-	+	-	+	H- S, C-Ba

Légende du tableau 1 :

- 1 : Bas-Guinéen, Secteur atlantique [14];
- 2 : Congolais, Secteur Forestier central [16] ;
- 3 : Bas-Guinéen sublittoral, Secteur du Mayumbe [16],
- 4 : Bas- Guinéen continental, Secteur Continental/Secteur Forestier central ouest [14] et [16];
- 5 : Congolais, Secteurs du Kasai et du Bas- Congo, [16].

H: espèce héliophile ;

C: espèce à feuillage totalement ou partiellement caduc ;

S: espèce à feuillage sempervirent ;

An: espèce ayant des diaspores anémochores;

Aut: espèce possédant des diaspores autochores (lourdes);

Ba: espèces ayant des diaspores barochores (très lourdes, volumineuses) ;

Zo: espèce possédant des diaspores zoochores ;

+ : espèce exclusive ou ayant une aire de répartition géographique majeure dans l'entité phytogéographique considérée ;

- : espèce absente ou rare dans l'entité phytogéographique considérée.

4 CLASSIFICATION RÉVISÉE

1°. Généralités

Toutes les forêts secondaires des Sous-Centres Bas- guinéen et Congolais faisant partie du centre régional d'endémisme guinéo-congolais, et celles de l'endémisme afromontagnard peuvent être groupées en cinq zones éco-chorologiques. Chaque zone se caractérise par plusieurs facteurs de nature climatique, édaphique et floristique. En effet, ces forêts secondaires sont le résultat de la régénération naturelle après un cycle cultural ou des exploitations forestières industrielles des forêts ombrophiles sempervirentes ou ombrophiles semi- sempervirentes. Les forêts matures de l'ensemble des bassins hydrographiques du Congo, de l'Ogooué, du Niari, de la Sanaga se sont développées dans leurs contextes paléogéographiques. Leurs exploitations agricoles et forestières industrielles ont engendré la régénération naturelle qui a donné les différents types de forêts secondaires. Les cinq zones éco – chorologiques sont : le littorale atlantique, le sublittorale et Mayombe, la cuvette centrale congolaise, le pourtour nord et le pourtour sud de la cuvette centrale congolaise et la région montagneuse.

Bien que l'étude de la flore d'Afrique Centrale soit loin d'être achevée, la publication des Flores nationales du Cameroun, du Gabon et d'Afrique centrale (Congo-Kinshasa, Rwanda, Burundi) a fortement amélioré la connaissance de la flore d'Afrique centrale, spécialement la flore forestière, ainsi que la distribution géographique des espèces. Il est possible de préciser la distribution géographique majeure de certaines espèces caractéristiques des groupements végétaux de la contrée.

Les entités floristiques proposées par [13], [10] permettent de clarifier les groupes phytogéographiques des espèces de l'Afrique Centrale, notamment au niveau des Domaines [12] Bas- Guinéen et Congolais que [13] appelle Sous- Centres régionaux d'endémisme guinéo- congolais. A ce niveau, les facteurs climatiques introduisent des différenciations dans l'organisation des espèces en communautés végétales, parfois originales et caractéristiques d'une entité floristique. Ce sont des différentielles phytosociologiques et géographiques. C'est le cas d'*Aucoumea klaineana* Pierre, *Lophira alata* Banks ex Gaertn., *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb. qui sont endémiques ou presque du Bas- Guinéen où le climat est hyper- humide. Elles y constituent des peuplements forestiers secondaires exclusifs; *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. et *Xylopia* diverses espèces forment des peuplements forestiers secondaires matures presque propres au Mayombe; *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., *Celtis zenkeri* Engl. et *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev., constituent une forêt secondaire mature sur les sols argileux rouges ; elle est presque exclusive à la périphérie nord-ouest du bassin du Congo, jouissant d'un climat tropical humide avec une saison sèche de trois mois ; enfin *Millettia laurentii* De Wild., *Millettia versicolor* Welw. ex Bak., *Pentaclethra eetveldeana* De Wild. & Th. Dur. forment des groupements forestiers secondaires matures mieux individualisées dans le sud-ouest de la cuvette centrale congolaise, le plus souvent sur des sols sableux et sous un climat subéquatorial ou tropical humide, avec une saison sèche également de trois mois.

Selon le degré et l'intensité des perturbations, deux principaux types physiologiques de végétation forestière secondaire peuvent être distingués : la végétation entièrement herbeuse et végétation fondamentalement constituée d'espèces ligneuses et ou sous-ligneuses. Chacun de ces deux groupes physiologiques et écologiques constitue une classe phytosociologique : *Classe Ruderali- Manihotetea* [17] intégrant la végétation anthropogène (anthropophile) et la *Classe Musango- Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954. Pour notre propos de ce jour, seule cette dernière sera traitée.

2° Les unités syntaxonomiques

La *Classe Musango- Terminalietea* réunit un type de végétation forestière secondaire, résultant du processus de régénération forestière naturelle résultant d'un cycle cultural, d'une exploitation forestière, d'un incendie ou de la dynamique d'une formation herbeuse climatique en absence de feux de brousse, se caractérisant par son organisation structurale, sa composition floristique et son écologie. Elle forme ainsi une unité d'aménagement forestier. La forêt secondaire s'observe en climat équatorial, subéquatorial aussi bien en zone de basse altitude qu'en région montagneuse de toute la zone intertropicale du monde. [1] ont réuni toutes les forêts secondaires du Congo Kinshasa en une Classe phytosociologique : la *Classe Musango- Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954. Mais elle déborde très largement dans l'Afrique centrale et l'Afrique occidentale forestière.

Deux facteurs de discrimination, l'altitude et l'âge. Selon l'altitude, on distingue la forêt secondaire de basse altitude et celle de montagne.

Classe Musango- Terminalietea Lebrun et Gilbert 1954

1. Ordre *Haumano-Musangetalia cecropioidis* (Lebrun et Gilbert) Lubini comb. nov.
 - a. Stade pionnier non forestier :
 - α Substrats hydromorphes :

- Substrat saumâtre :
Alliance Lagunculario- Avicennion germinanti (Devred ex Schmitz) Lubini, comb. nov.
- Substrats hydromorphes d'eau douce :
Alliance Macarango- Anthocleiston vogelii Lubini (1982) 1986

β. Sur les oxisols :

- Dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente :
Alliance Oncobo- Tremion (syn. *Caloncobo- Tremion* Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986.
- Dans l'aire de la forêt ombrophile semi- sempervirente:
Sous- Alliance Sclerocrotono- Gaertnerenion paniculatae Lubini, sub- all. nov.

b. Stade de forêts secondaires jeunes:

- Dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente:
Alliance Haumano- Musangion cecropioidis (Lebrun et Gilbert) Lubini comb. nov.
(syn. *Musangion cecropioidis* Lebrun et Gilbert ex Lubini (1982) 1986).
- Dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise semi- sempervirente :
Alliance Croton- Albizion adianthifoliae Lubini, all. nov.

c. Stade de forêts secondaires matures :

2. *Ordre Zanthoxylo- Terminalietalia* (Syn. *Fagaro- Terminalietalia*, Lebrun et Gilbert 1954)

- Élément du Bas- guinéen atlantique dominant:
Alliance Lophiro- Aucoumeion Lubini all. nov.
- Élément congolais prépondérant :
Alliance Pycnantho- Zanthoxylon gilletii (Syn. *Pycnantho- Fagarion* Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986
- Éléments Bas- Guinéen continental et Congolais en mélange:
Alliance Triplochito- Terminalion (Lebrun et Gilbert) Lubini 1997 ;
- Élément de transition guinéo- congolais/zambézien en mélange :
Alliance Bosqueiopso- Millettion Lubini, all. nov.

3. *Ordre Polyscietalia fulvae* Lebrun et Gilbert 1954 :

Friches et Jachères préforestières pionnières non forestière: *Alliance Lobelion giberroae* Lebrun et Gilbert 1954

- Recrus et forêts secondaires : *Alliance Polyscion fulvae* Lebrun et Gilbert 1954

4. Jardins forestiers secondaires :

Régénérations forestières suffisamment évoluées en une forêt secondaire mature à partir d'anciennes plantations arborescentes ou d'arboreta en milieu forestier, envahies par les éléments du *Musango- Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954 dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente ou de la forêt semi-sempervirente et évoluant vers une forêt secondaire mature, avec une strate arborescente dominée par l'espèce cultivée. Ces jardins forestiers secondaires s'observent dans l'aire de forêts ombrophiles sempervirentes, et dans les forêts ombrophiles semi- sempervirentes.

La figure 1 présente les syntaxa de l'ensemble de forêts secondaires d'Afrique Centrale dans leurs relations syngénétiques.

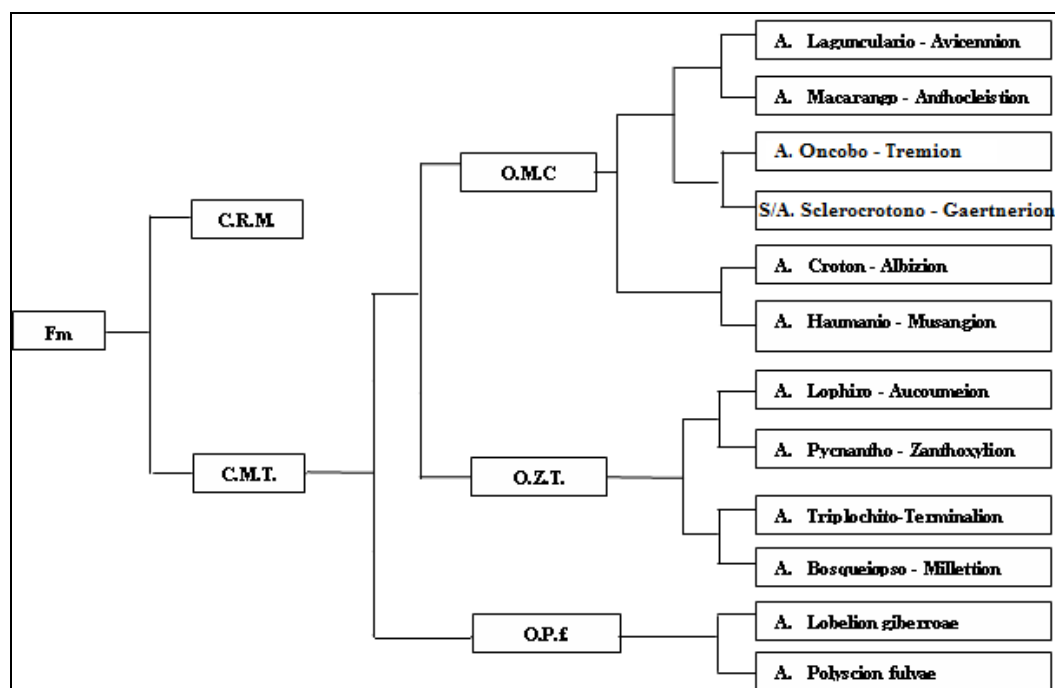


Fig. 1. Dendrogramme montrant les relations syngénétiques dans la Classe phytosociologique Musango-Terminalietea

Légende :

Fm : Forêt mature (syn. F. primaire) ; CRM : Classe Ruderali-Manihotetea ; CMT : Classe Musango-Terminalietea ; OMC : Ordre Musango cecropioidis ; OZT : Ordre Zanthoxylo-Terminalietalia ; OPf : ordre Polyscietalia fulvae ; A : Alliance, S/A : Sous- alliance

5 STRATIFICATION ET DESCRIPTION DES UNITES SYNTAXONOMIQUES

5.1 LES FORETS SECONDAIRES DE BASSE ALTITUDE

Les forêts secondaires de basse altitude et de montagnes ont été groupées en une seule unité phytosociologique formant la classe phytosociologique, subdivisée en ordres, alliances et associations.

La classe *Musango-Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954 réunit toute la végétation forestière secondaire de l'Afrique centrale en général. Dans le cadre de l'aménagement des forêts du bassin du Congo, ces forêts peuvent constituer une unité d'aménagement pour chaque pays de la sous- région d'Afrique centrale. Du point de vue dynamique, les Fs en général forment une sère diachronique au sein de laquelle des paliers ou stades évolutifs ont été distingués [1] qui sont du plus jeune au plus évolué : le stade de jachère préforestière, le stade de forêt secondaire jeune et celui de forêt secondaire mature. Précisons que la sère résulte de la régénération de la forêt mature initiale. De la destruction de cette dernière intervient le processus de sa régénération naturelle qui passe par les trois principaux stades évolutifs progressifs. Au stade final de cette évolution, c'est- à- dire le terme ultime du processus de la reconstitution de la forêt dont l'organisation spatiale, la structure et la composition floristique approchent celle de la forêt mature initiale détruite. A ce stade final de la série évolutive, quelques espèces indiquent par leur présence l'état d'une forêt mature de reconstitution après l'abandon de l'exploitation : c'est une forêt secondaire mature ou vieille (Sm). Ces espèces sont qualifiées espèces caractéristiques de la classe *Musango-Terminalietea*. Elles sont reprises dans le tableau suivant. Pour chacune sont indiqués la distribution géographique locale selon les aires de répartition géographique définies, suivie d'une série d'abréviations se rapportant à des caractéristiques autoécologiques : comportement à l'égard de la lumière, le comportement du feuillage et le mode de dissémination éventuelle. Comme on constate, les taxons caractéristiques des Sm sont disséminés sur l'ensemble des Secteurs phytogéographiques de toute l'Afrique centrale. Ce sont des espèces à large distribution reprises dans le tableau 2.

Tableau 2. Espèces caractéristiques de la Classe *Musango-Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954¹

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir. (optimum)	mph	Am	Ms-Hél	Zo	S
<i>Maesa lanceolata</i> Forssks. var. <i>rufescens</i>	Lph	Mo	Hgr	Zo	S
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill. & Müll. Arg.) Webster	mPh	At	Hél	Zo	C
<i>Sclerocroton cornutus</i> (Pax) Kruijt	mph	BGC	Ms-Hél	Aut	S
<i>Spatodea campanulata</i> P. Beauv.	mPh	Gc	Hél	An	C
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Mph	Gc	Hgr-Hél	An	C

(1) Pour chaque espèce, nous faisons suivre le ou les noms de leurs auteurs, suivis d'une série d'abréviations se rapportant aux caractéristiques autoécologiques, distribution géographique, comportement à l'égard de lumière, agent de dissémination des diaspores, et comportement du feuillage.

Légende des tableaux

Types biologiques (TB): MPh : espèce méga- phanérophyte, mPh : espèce méso-phanérophyte, mph : espèce micro-phanérophyte, nph : espèce nano-phanérophyte, Lph : espèce phanérophyte liane, mGh : espèce méga-géophyte ;

Distribution géographique (DG) : At : espèce afro-tropicale, Gc : espèce guinéo- congolaise, Cgo : espèce du Bassin congolais, BG : espèce du Bas- guinéen, Am : espèce afro-malgache, Pal : espèce paléotropicale ; Mo : espèce orophile ;

Comportement à l'égard de lumière : Hél : espèce héliophile, H-Hél : espèce hémi-héliophile, Hgr-Hél : espèce hygro-héliophile, Ms-Hél : espèce mésophile- héliophile ;

Adaptation des espèces à la dissémination : Aut. : espèce autochore ; Zo : espèce zoochore, An : espèce anémochore ;

Comportement du feuillage : S : espèce à feuillage sempervirent, C : espèce à feuillage caduc. Cette légende vaut pour tous les tableaux ou figures.

Les ordres

En tenant compte de l'âge de ces forêts secondaires, il est possible de distinguer en leur sein deux stades évolutifs : le stade de la forêt secondaire jeune et celui de la forêt secondaire adulte ou mature. Ainsi, Lebrun et Gilbert ont distingué, au sein de la *Classe Musango-Terminalietea* deux unités phytosociologiques subordonnées ayant chacune la valeur d'un *Ordre* phytosociologiques: l'*Ordre Haumanio- Musangetalia cecropioidis* intégrant toutes les forêts secondaires jeunes et *Ordre Zanthoxylo-Terminalietalia* groupant les forêts secondaires matures. Les espèces caractéristiques des *ordres* ont une distribution limitée à quelques Secteurs phytogéographiques. Elles sont reprises dans le tableau 1.

1. *Ordre Haumanio- Musangetalia cecropioidis* (Lebrun et Gilbert) Lubini, comb. nov.

Cet *ordre* regroupe la végétation de deux niveaux évolutifs physionomiquement distincts, mais étroitement liés par des relations syngénétiques: les friches et jachères préforestières d'une part et d'autres part les recrus ou forêts secondaires jeunes planitiaires débordant largement le bassin hydrographique du fleuve Congo. Ce type de forêts secondaires constitue la catégorie de végétation forestière la plus rencontrée dans l'ensemble de l'Afrique centrale. Quelques espèces sont indicatrices de variations des facteurs écologiques tels que la lumière, l'humidité de l'air et les sols. Ces facteurs écologiques influent sur la physionomie, la composition floristique et la dynamique évolutive des groupements végétaux. Mais certaines espèces se retrouvent aux différents stades évolutifs ; elles manifestent ainsi leur appartenance à une série de végétation qui constitue une même unité phytosociologique, l'*Ordre Musangetalia cecropioidis* Lebrun et Gilbert 1954.

Le type de cet *Ordre* est sans nul doute l'*Alliance* du *Musangion cecropioidis* (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982)1986. En effet partout dans l'ensemble de l'Afrique Centrale continentale et insulaire, la « parasoleraie » est le type des forêts secondaires jeunes la plus rencontrée, sous un climat équatorial ou subéquatorial, sur les sols frais et humifères, dans des stations ou sites éclairés (région de Douala, d'Edea au Cameroun, île Bioko en Guinée- Equatoriale, Makokou au Gabon, de Ngotto au sud-ouest de la République Centrafricaine, Ouessou et de Dimonika au Congo Brazzaville, Yangambi et de Nioki au Congo Kinshasa, etc.).

En nous référant aux Art. 8 et 17 du Code International de Phytosociologie 3ème édition 2000[2], il apparaît opportun de proposer quelques espèces pour caractériser l'ensemble de la végétation de cette entité syntaxonomique et d'en désigner le type, car ils existent. Les espèces reprises au tableau 3, rencontrées dans l'ensemble du bassin du fleuve Congo peuvent servir de caractéristiques de cet *Ordre*. Ces espèces réalisent leur optimum écologique, les unes sur les sols de terre, les autres sur les substrats hydromorphes. Elles figurent au tableau 3 suivant.

Tableau 3. Espèces caractéristiques de l'Ordre Haumanio- Musangetalia cecropioidis (Lebrun et Gilbert) Lubini comb.nov.

Espèce	TB	DG	GE	D	F
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. F. Wight	mPh	At	Ms-Hél	Aut	S, C
<i>Anthocleista vogelii</i> Planch.	mPh	At	Hél	Zo	S
<i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & Th. Dur.) J. Léonard	mG/L	BGC	Hgr-H-Hél	Zo	S
<i>Oncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg	mph	Gc	Hél	Zo	S, C
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	mPh	Gc	Hél	Zo	S
<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	mPh	Gc	Hél	Zo	S, C
<i>Macaranga monandra</i> Muell. Arg.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Macaranga saccifera</i> Pax	mph	Cgo	Hél	Zo	S
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th. Dur.	mPh	BGC	Hgr-H	Aut	S
<i>Sclerosperma mannii</i> Wendl.	nph	BGC	Hgr-H-Hél	Zo	S
<i>Trema orientalis</i> Blume	mph	At	Hél	Zo	S
<i>Vernonia conferta</i> Benth.	mph	Gc	Hél	S	An
<i>Voacanga chaltotiana</i> Pierre & Stapf	mPh	Gc	Hgr- Hél	Zo	S

Cet ordre intègre deux niveaux évolutifs de la végétation de la forêt secondaire jeune : la végétation pionnière non forestière et la végétation du stade de recrus ou forêt secondaire jeune proprement dite. En effet, la dynamique évolutive de la régénération naturelle de la végétation post- exploitation forestière est un processus qui passe par des étapes diachroniques. Chaque étape se caractérise par son organisation spatiale, sa structure synusiale et sa composition floristique, c'est- à- dire la constitution d'espèces en groupes écologiques originaux.

Deux groupes de facteurs initient des différenciations: l'âge des groupements végétaux et la nature des substrats sur lesquels évoluent les séries évolutives. Le premier groupe de facteurs permet de distinguer les groupements pionniers non forestiers et les recrus, aussi appelés forêts secondaires jeunes, tandis que le second groupe permet de distinguer les groupements pionniers évoluant sur les substrats hydromorphes de ceux se développant sur sols de terre ferme qui, généralement sont des oxisols.

A. Stade pionnier non forestier : friches et jachères préforestières

La végétation des friches et jachères préforestières correspond aux jeunes jachères qui amorcent la série évolutive des successions végétales secondaires après un cycle cultural, l'exploitation forestière ou la régénération forestière naturelle des formations herbeuses sous climat tropical humide en absence de feux de brousse. La nature de sols sur lesquels se développent les groupements végétaux de ce stade évolutif est un facteur décisif qui affecte la qualité de la série. Ainsi, il y a lieu de distinguer les friches et jachères préforestières évoluant sur les substrats hydromorphes et celles qui s'installent sur les sols de terre ferme.

a) Sur les sols azonaux

Il s'agit de groupements végétaux secondaires qui se développent sur des substrats gorgés d'eau en toute saison ; l'hydromorphie pouvant être de surface ou de profondeur. On distingue les sols hydromorphes d'eaux douces et les substrats d'eaux saumâtres. Celles-ci sont le mélange d'eau salée de la mer et l'eau douce continentale des rivières. Sur ces substrats azonaux, c'est- à- dire hydromorphes se développent des groupements végétaux secondaires qui constituent une hydrosère, pas forcément bloquée. Nous distinguons ainsi :

1°. Alliance Lagunculario- Avicennion (Devred ex Schmitz) Lubini comb.nov.

Ce sont les friches et jachères sur les substrats saumâtres, c'est- à- dire les mangroves secondaires issues de la recolonisation des sites des peuplements de *Rhizophora racemosa* mature exploités mais dont les semis ne régénèrent pas et périssent ; les éclaircis ainsi créés étant occupés par les régénérations d'*Avicennia germinans*. La régression de la mangrove

sous l'effet d'activités humaines peut conduire à une évolution progressive et aboutir à la formation d'un type de mangrove dans laquelle *Avicennia germinans* (L.)L., *Conocarpus erectus* L. et *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. constituent les éléments de base de ce groupement. D'autres espèces habituelles de forêts secondaires de terre ferme telles que *Sterculia tragacantha* Landl., *Elaeis guineensis* Jacq., *Alchornea cordifolia* (Schumacher & Thonn.) Müll.-Arg., *Musanga cecropioides* R. Br. peuvent s'y développer. C'est ce type de mangrove qu'il est question ici.

Deux éléments, de nature écologique et floristique permettent d'intégrer ce type de mangrove dans les forêts secondaires de basse altitude. D'une part, le substrat saumâtre constitue un facteur décisif mais aussi sélectif aux habituelles des mangroves; d'autre part, les espèces de friches, jachères préforestières et des forêts secondaires jeunes des sols sur terre ferme à large amplitude écologique peuvent s'établir et se développer. La présence de telles espèces et l'évolution de substrat vers les sols sur terre ferme plaident en faveur de l'intégration de ces mangroves secondaires dans la *Classe Musango-Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954.

D'après les études de [18] réalisées en Guyane, la mangrove à *Avicennia germinans* est un peuplement qui ne se régénère pas. La coupe à blanc étoc de la mangrove, le pérississement et le jaunissement des semis de *Rhizophora* favorisent la germination en abondance, la croissance et le développement d'*Avicennia germinans*, mieux adaptée au substrat en voie de colmatage [19]. Il en résulte un mélange de *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans* qui forment une mangrove secondaire dans laquelle *Avicennia germinans* joue le rôle de pionnier.

Au fur et à mesure qu'il vieillit, ce peuplement à *Avicennia germinans* évolue en une série régressive par dépérissement. Cette mort d'individus d'*Avicennia* est accélérée par atterrissement et le colmatage progressif du substrat [18]. Quelques espèces des berges des cours d'eau douce, telles que *Phoenix reclinata* Jacq., *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. s'associent à ces caractéristiques. Plus tard, des espèces des forêts sur les sols hydromorphes ou même de terre ferme et de groupements arbustifs pionniers ripicoles apparaissent [20]: *Symphonia globulifera* L.f., *Alchornea cordifolia*, *Elaeis guineensis*, *Dracaena mannii* Bak., *Hallea stipulosa* (DC.) Leroy, *Musanga cecropioides* par exemple. Ainsi s'édifie du côté interne, c'est-à-dire du côté de continent, une mangrove secondaire, basse et transitoire formant une catégorie physionomique et floristique au sein de laquelle, quelques individus d'*Avicennia germinans* subsistent encore. En effet, dans le cas de substrat azonale, l'évolution de la végétation peut reproduire la même physionomie structurale, du fait de la persistance des principaux éléments endémiques.

Nous proposons réunir ce type de végétation azonale dans une unité phytosociologique mais dont l'évolution est bloquée par suite de la persistance du substrat saumâtre: *alliance Lagunculario-Avicennion* (Devred ex Schmitz) Lubini comb. nov. Les espèces caractéristiques de cette *Alliance* sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 4. Caractéristiques locales de Lagunculario-Avicennion (Devred ex Schmitz) Lubini comb. nov.

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Avicennia germinans</i> (L.)L.	mph	Pan	Hél- Hyd	Zo	S
<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.)Roxb.	Lph/mph	Pan	Hél- Hyd	Hdr	S?
<i>Conocarpus erectus</i> L.	mph	Pan	Hél- Hyd	Zo	S
<i>Drepanocarpus lunatus</i> (L.f.) G. F. Mey.	mph	Pan	Hél- Hyd	Hdr	S
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.	mph	Pan	Hél- Hyd	Zo	S
<i>Rhizophora racemosa</i> G. Mey.	mPh	Pan	Hél- Hyd	Ba	S

Cette végétation est perturbée par la coupe de bois et la carbonisation. Les mangroves, comme tous les types de végétation sont en évolution. A leur maturité, elles sont une formation haute de 25-30m. Lorsqu'elles sont perturbées, elles régénèrent lentement. *Avicennia germinans* est parfois abondant dans les endroits de coupe où elle régénère et constitue avec *Rhizophora racemosa* un groupement arbustif secondaire dans lequel s'observent d'autres espèces des mangroves ainsi que quelques espèces pionnières de jachères de terre ferme tel que le montre l'unique relevé du tableau 5.

Tableau 5 : Composition floristique essentielle du *Lagunculario-Avicennietum germinae* Lubini, comb. nov.

Surface du relevé : 500m ²	Recouvrement
Caractéristiques locales	
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3.3
<i>Rhizophora racemosa</i> G.F.W.Mey.	2.3
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.	2.2
<i>Acrostichum aureum</i> L.	2.3
<i>Conocarpus erectus</i> L.	1.2
<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	1.2
<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC.	1.1
<i>Ximenia americana</i> L.	1.2
<i>Chrysobalanus icaco</i> L. subsp. <i>icaco</i>	+1
<i>Cassipourea barteri</i> (Hook.f.) N.E.Br.	+1
<i>Combretum confertum</i> (Benth.) Laws.	+1
<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.	+1
<i>Quisqualis indica</i> L.	+1
<i>Jasminum dichotomum</i> Vahl	+1
<i>Alternanthera littoralis</i> P. Beauv. Var. <i>maritima</i> (Mast.) Pedersen	+1
Autres espèces	
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	1.1
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub.	+1
<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	+1
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	+1

La station et le relevé suivant effectué en janvier 2006 représentent le type de cette *association* qui valide ainsi cette *alliance*.

Il s'agit d'un relevé effectué dans le Parc National des Mangroves à l'estuaire du fleuve Congo, entre la frontière angolaise (Cabinda) au sud et la route Muanda- Boma au nord.

2°. Alliance *Macarango- Anthocleiston* Lubini (1982)1986

Ce sont les friches et jachères préforestières sur substrat hydromorphe d'eau douce.

Cette *alliance* réunit la végétation des friches et jachères préforestières de stade non forestier pionnier sur les sols hydromorphes d'eau douce dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise sempervirente et semi-sempervirente sous un climat hyperhumide ou perhumide, sans mois sec. Elle s'observe également dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise semi- sempervirente sous le climat subéquatorial avec trois mois secs. Dans l'ensemble de l'Afrique Centrale, cette végétation se développe sur les alluvions actuelles ou récentes des berges des rivières mineures ou autour des zones marécageuses, à la suite des cultures palustres ou autres défrichements abandonnés.

Les caractéristiques proposées par [21] [22] sont les suivantes:

Tableau 6. Caractéristiques locales de *Macarango- Anthocleiston* Lubini (1982)1986

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Anthocleista vogelii</i> Planch.	mPh	BG/Cgo	Hél	Zo	S
<i>Bertiera racemosa</i> (G. Don) K. Schum. var. <i>racemosa</i>	mph	GC	Hél	Zo	S
<i>Dichaetanthera corymbosa</i> (Cogn.) J. F.	mph	Cgo	Hdr- Hél	Aut	S
<i>Hibiscus rostellatus</i> Guill. & Pellegr. var. <i>rostellatus</i>	Chp-	At	Hél	Aut	S
<i>Macaranga lancifolia</i> Pax	mph	Cgo	Hél	Zo	S
<i>Macaranga saccifera</i> Pax	mph	Cgo	Hél	Zo	S
<i>Scleria boivinii</i> Steud.	Grh	Am	Hél	An	S
<i>Voacanga africana</i> Stapf	mph	GC	Hél	Zo	S

L'alliance *Macarango- Anthocleistian vogelii* est validée par la publication de [21] [22] décrite dans la cuvette centrale congolaise.

b) Sur les oxisols :

1°. Alliance *Oncobo- Tremion* (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982)1986, (syn. *Caloncobo- Tremion* Lebrun et Gilbert 1954)

La composition floristique de ces friches et jachères préforestières est essentiellement dominée par quelques éléments nettement nitrophiles, héliophiles et grégaires. La nitrophilie s'explique par les interventions de l'homme : brûlis, incendies, travail du sol, apport de cendres, dépôt renouvelé de la matière organique. La structure physiognomique de cette végétation présente deux synusies assez bien individualisées : une strate arbustive de 4- 6m et dense, et une synusie herbacée constituée de grandes herbes mégaphylles ainsi que des lianes appartenant le plus souvent, aux genres *Dioscorea*, *Cissus*, *Selaginella*, *Adenia*, etc. D'autres espèces, notamment les grandes herbes forestières rhizomateuses appartenant aux genres *Aframomum*, *Costus*, *Haumania*, *Marantochloa*, *Palisota* et *Thaumatococcus* constituent des peuplements physiognomiquement homogènes au sein desquels les éléments ligneux sont très rares.

Les deux espèces modules de cette alliance : *Oncoba welwitschii* et *Trema orientalis* réalisent leur développement optimal sous ces climats mais leurs aires de distribution géographique débordent très largement. Elles affichent un comportement grégaire très net. Plusieurs associations décrites dans la cuvette centrale congolaise se rapportent à cette alliance [23]. C'est le cas de l'association *Vernonio- Tremaetum guineensis* Lubini (1982)1986, qui est le type de cette alliance *Oncobo- Tremion* (Lebrun et Gilbert) Lubini 1986 (in [23]; Code Inter. Phytosoc. 2000, Art. 8 et 17) [2]. La composition floristique de ces friches et jachères préforestières est essentiellement dominée par quelques éléments nettement nitrophiles, héliophiles et grégaires. L'aire de cette alliance déborde très largement les limites de l'Afrique Centrale, notamment au Libéria, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Nigéria, etc. Les espèces caractéristiques proposées par [1] ont été élargies à d'autres, celles précédées d'astérisque [22] sur le tableau 7 suivant.

Tableau 7. Espèces caractéristiques de l'alliance *Oncobo- Tremion orientalis* (Labrun et Gilbert) Lubini (1982)1986

Espèces	TB	DG	GE	D	F
* <i>Aframomum angustifolium</i> (Sonnerat) K. Schum.	mGh	Gc	H-Hél	Zo	S
<i>Alchornea yambuyaensis</i> De Wild.	nph	Cgo	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	mph/mPh	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Chaetocarpus africanus</i> Pax	mph	Gc	Hél	Zo	S
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.	Ch/Lh	Pan	Hél	An	
* <i>Costus lucanusianus</i> J. Braun	mGh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir. (optimum)	mph	Am	Ms-Hél	Zo	S
<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	mPh/mph	At	Ms-Hél	An	C
<i>Mostuea hirsuta</i> (T. Anders ex Benth. & Hook. f.) Baill. & Bak.	nph	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Plagiostyles africana</i> (Müll. Arg.) Prain	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
* <i>Rauvolfia macrophylla</i> Stapf	nph	BG	Hél	Zo	S
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	mph	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Tetrorchidium didymostemon</i> (Baill.) Pax ex K. Hoffm.	mph	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	mph	Pal	Hél	Zo	S
* <i>Triumfetta cordifolia</i> A. Rich. var. <i>cordifolia</i>	nph	Gc	Hél	Zo	S, C
<i>Vernonia conferta</i> var. <i>conferta</i> Benth.	mph	Gc	Hél	An	S

Cette alliance a été validée par la publication de l'association *Vernonio- Tremaetum guineensis* Lubini (1982) 1986, décrite dans la cuvette centrale congolaise, en région de Kisangani et Yangambi. Mais elle s'observe également dans le pourtour de la cuvette centrale. Enfin, notons que certaines de ces espèces sont à la fois caractéristiques de plusieurs unités phytosociologiques, étant donné le caractère transitoire de cette végétation pionnière. La variation du climat telle que mentionnée ci-dessus ainsi que des aires de distribution géographique majeure introduisent de différenciations de composition floristique des groupements végétaux parfois spécifiques et originaux. Cet aspect a été pris en compte. C'est ainsi que nous proposons des *Sous- Alliances* subordonnées à cette alliance :

Friches et jachères pionnières non forestières : alliance *Oncobo-Tremaenion orientalis* :

- dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente : *Sous- Alliance Oncobo-Tremaenion* Lubini. *comb.nov.* Les caractéristiques et le type sont ceux de l'alliance ;

- dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente et semi-sempervirente : *Sous- Alliance Aframomienion gigantienion sous-all.* Mandango 1982. Les groupements végétaux qui forment la végétation de cette *sous- alliance* sont des fourrés très denses qui s'individualisent au sein de la grande unité phytosociologique que sont les friches et jachères préforestières [21] [22] [24] [25] [26] [27] à dominance de diverses espèces des genres *Aframomum* et *Costus*;
- dans l'aire de la forêt ombrophile semi- sempervirente : *Sous- Alliance Sclerocrotono- Gaertnerienion* Lubini *sous-all. nov.*

Il s'agit d'une végétation pionnière non forestière constituée de friches et jachères préforestières auxquelles s'intègrent les recrus résultant de la régénération forestière naturelle des formations herbeuses (savanes) guinéo- congolaise en zones de la forêt ombrophile semi-sempervirente péruvienne, développés sous un climat subéquatorial, avec un indice de pluviométrie de 1500mm par an tandis que l'humidité atmosphérique reste élevée durant toute l'année. La saison sèche dure trois à quatre mois.

Par rapport aux jachères préforestières et forêts secondaires de la cuvette centrale, ces friche et jachères se distinguent par la rareté de *Musanga cecropioides*, *Macaranga spinosa*, *Harungana madagascariensis*, et *Vernonia conferta* qui, dans ces conditions écologiques sont incapables de constituer des peuplements purs. Par contre, il se substitue un contingent d'espèces comprenant une proportion notable d'éléments nettement mésophiles et héliophiles, évoluant sur les sols sableux ou sablonneux. Elles forment, dans cette aire de la forêt ombrophile semi-sempervirente guinéo-congolaise un type de jachères bien individualisées.

Nous les regroupons dans une *sous- alliance Sclerocrotono- Gaertnerienion paniculatae* Lubini, *sous- all. nov.* Les deux espèces caractéristiques, *Sclerocroton cornutus* et *Gaertnera paniculata*, très présentes dans les lisières forêt- formation herbeuse du Bas- Kasai sont rares dans la cuvette centrale congolaise et ne forment pas des peuplements, comme c'est le cas ici.

Parmi de nombreuses espèces différentielles de cette *sous-alliance* mentionnons celles reprises au tableau 8 suivant.

Tableau 8. Espèces caractéristiques de la Sous-alliance Sclerocrotono- Gaertnerienion paniculatae Lubini sub-all. nov.

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Camoensia scandens</i> (Welw.) Gillett	mph/Lph	BGC	Ms-Hél	Aut	S
<i>Chaetocarpus africanus</i> Pax	mph	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Combretum racemosum</i> P. Beauv.	Lph	Gc	Ms-Hél	An	S
<i>Dalbergia kisantuensis</i> De Wild.	Lph/nph	BGC	Ms-Hél	Aut	S
<i>Diplorhynchus condilocarpon</i> (Muell.-Arg.) Pichon	mph/Lph	Zam	Hél	Zo	S
<i>Gaertnera paniculata</i> Petit	mph	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thonn.	nph	At	Hél	Zo	C
<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	mPh/mph	At	Ms-Hél	An	C
<i>Poggea alata</i> Gürke	nph	Cgo	Ms-Hél	Aut	C
<i>Sclerocroton cornutus</i> (Pax) Kruijt	mph	BGC	Ms-Hél	Aut	S
<i>Vernonia brazzavillensis</i> (Aubr.) Compère	mph	Cgo	Hél	An	S
<i>Tetracera potatoria</i> Afzel. ex G. Don	Lph	GC	Hél	Zo	S

Le type de cette *sous-alliance* est l'association à *Vernonia brazzavillensis* et *Hymenocardia ulmoides* étudiée dans la région de Kinshasa, au plateau de Bateke; le relevé n°1 du tableau 3 suivant en est le type.

Tableau 9: Composition floristique essentielle du Vernonio- Hymenocardietum ulmoidis Lubini ass. nov.

Numéro de relevés	1	2	3	4	5
Surface de relevés (ares)	5	5	5	5	6
Caractéristiques de l'association					
<i>Vernonia brazzavillensis</i> Aubr.ex Compère	4.4	3.3	3.3	2.2	2.2
<i>Gaertnera paniculata</i> Benth.	+1	-	+1	4.4	+1
<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	3.3	4.4	1.2	+1	4.4
<i>Palisota ambigua</i> (P.Beauv.) C.B.Cl.	1.2	1.2	2.2	3.3	+1
<i>Oncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg	-	+1	+1	3.3	2.2
<i>Hypselodelphys scandens</i> Louis & Mullenders	+1	+1	1.2	2.2	3.3
<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	+1	-	+1	2.2	+1
<i>Slerocroton cornutus</i> (Pax) Kruijt & Roebiers	1.2	2.2	-	-	2.2
<i>Colletocema dewevrei</i> (De Wild.) Petit	+1	+1	2.2	+1	2.2
<i>Manilkara obovata</i> (Sabine & G. Don) J.H. Hemsley	+1	1.1	1.1	2.2	1.1
<i>Chaetocarpus africanus</i> Pax	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Byrsocarpus coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i> var. <i>coccineus</i> (Gilg) Schellerg.	-	+1	+1	+1	+1
Caractéristiques du <i>Sclerocroton- Gaertnerion paniculatae</i>					
<i>Combretum racemosum</i> P. Beauv.	+1	+1	+1	+1	-
<i>Manotes expansa</i> Sol. ex Planch.	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	1.2	1.1	3.3	2.2	+1
<i>Clappertonia polyandra</i> (K. Schum.) Bech.	1.1	2.2	-	-	-
<i>Chromolaena odorata</i> L.	2.2	3.3	+1	+1	-
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th. Dur.	1.2	2.2	1.1	+1	1.2
<i>Agelaea pentagyna</i> (Lam.) Baill.	+1	1.1	2.2	+1	2.2
<i>Macaranga monandra</i> Muell. Arg.	+1	1.1	1.1	2.2	+1
<i>Allophyllus schweinfurthii</i> Gilg	1.2	+1	-	+1	-
<i>Dalbergia florifera</i> De Wild.	-	+1	+1	+1	+1
<i>Combretum platypterum</i> (Welw.) Hutch. & Dalz.	+1	+1	+1	-	+1
<i>Cnestis corniculata</i> Lam.	+1	+1	+1	1.1	1.1
<i>Pauridiantha dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Bremek	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Ochna latisepala</i> (Van Tiegh.) P. Bamps	+1	+1	+1	-	+1
<i>Maesobotrya staudtii</i> (Pax) Hutch.	+1	+1	+1	-	-
<i>Clerodendrum capitata</i> (Will.) Schum. & Thonn.	+1	+1	+1	-	-
<i>Tetracera poggei</i> Gilg	+1	+1	+1	-	-
<i>Leptoderris ferruginea</i> De Wild.	+1	-	+1	+1	-
<i>Morinda morindoides</i> (Bak.) Milne- Redl.	+1	-	+1	+1	-
<i>Macaranga schweinfurthii</i> Pax	-	+1	-	+1	+1
<i>Landolphia camptoloba</i> (K. Schum.) Pichon	+1	+1	+1	-	-
<i>Scleria boivinii</i> Steud.	+1	+1	-	+1	-
<i>Croton sylvaticus</i> Hochst. ex Krauss	-	-	2.2	-	-
Caractéristiques de Jachères herbeuses					
<i>Pteridium aquilinum</i> (Hieron) Alston	+1	3.3	-	+1	+1
<i>Cyperus mapanioides</i> C.B.Cl.	2.2	2.3	-	-	-
<i>Megastachia mucronata</i> (Poir.) P. Beauv.	1.2	2.3	-	-	-

Localisation des relevés du Tableau 9

Relevé 1. Station et relevé types de cette association. Jachère préforestière âgée de trois ans, à prédominance de *Vernonia brazzavillensis* et *Hymenocardia ulmoides*, développée sur un sol sablonneux colluvionnaire de forte pente, 11% ; altitude 550m. Relevé effectué le 26 mars 1988, au village Mbankana situé à 140km à l'est de Kinshasa.

Relevé 2. Relevé effectué à 2 km au sud du relevé n° 1 ; village Mbankana, le 26 mars 1988. Jachère préforestière pionnière développée sur un sol sablonneux ; pente 8% ; altitude : 550 m.

Relevé 3. Relevé fait le 28 mars 1988 dans une jachère préforestière pionnière âgée de 7 ans environ, résultant de friches et cultures traditionnelles installées dans la vallée de la Limbimi, sous-affluent du fleuve Congo, au Centre agricole de Mbankana ; pente 2% ; altitude 550m. La végétation est dominée par *Vernonia brazzavillensis*, *Croton sylvaticus* et *Harungana madagascariensis*.

Relevé 4. Relevé effectué dans une jachère préforestière dominée par *Gaertnera paniculata*, *Oncoba welwitschii* et *Vernonia brazzavillensis*, développée sur un sol sablonneux du cénozoïque colluvionnaire ; altitude 520m, pente : 6%, le 29 mars 1988. Domaine du Centre agricole de Mbankana.

Relevé 5 : Jachère préforestière venue après l'abandon de la culture de manioc, âgée de 8ans et à prédominance de *Vernonia brazzavillensis*, *Hymenocardia ulmoides*, *Sapium cornutum* et *Manilkara obovalata* développée sur un sol sablonneux ; pente : 5% ; altitude 520m ; village Mbankana, rive gauche de la Limbimi, affluent de la Lufimi, le 30mars 1988.

1.2. Stade de la forêt secondaire jeune

Les observations et les données disponibles au moment de l'étude de [1] sur les forêts secondaires jeunes ont permis à ces auteurs de reconnaître une seule *alliance Musango- cecropioidis*. Les travaux ultérieurs de divers auteurs, l'amélioration des connaissances sur la flore et la végétation forestière secondaire ainsi que les considérations chorologiques ci-dessus évoqués sur l'ensemble de l'Afrique Centrale actuellement disponibles permettent d'intégrer ces nouvelles contributions dans le système proposé par [1]. Ainsi, nous distinguons deux *alliances* : *Musango cecropioidis* et *Crotono- Albizion*.

1°. *Alliance Musangion cecropioidis* (Lebrun et Gilbert ex Lubini (1982) 1986.

L'*Alliance Musangion cecropioidis* (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986 est mieux représentée dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo- congolaise sempervirente. Elle est largement développée dans les zones à climat hyperhumide et perhumide, sans mois écologiquement sec. Ces conditions sont remplies en Afrique équatoriale atlantique et dans la cuvette centrale congolaise où l'humidité des sols est de type perudique ou uduque [28]. Mais, elle déborde très largement dans l'Afrique occidentale forestière.

En Afrique Centrale, les forêts secondaires jeunes qui s'y développent présentent deux physionomies nettement distinctes. La première correspond à la parasoleraie, et l'autre à la « marantaçaie ». En effet, des peuplements denses et très étendus ayant un sous-bois dominé par *Haumania liebrechtsiana* ou par *Megaphrynium macrostachium*, abusivement nommés « forêt à *Marantaceae* » est signalée dans le nord du Congo- Brazzaville [29] [26] [27], au Gabon[25], au Cameroun et au Congo- Kinshasa où elle s'observe sur les sols argileux du cénozoïque dans le sud- ouest de la cuvette centrale congolaise et son pourtour sud-ouest [30]. Elle constitue ainsi un élément du paysage forestier secondaire bien individualisé occupant d'importantes étendues. Parmi les trois espèces du genre *Haumania* présentes en Afrique Centrale, une seule occupe une aire de distribution couvrant le Bas- guinéen et le Congolais. Il s'agit d'*Haumania liebrechtsiana* qui forme des peuplements denses et compacts.

Ainsi la parasoleraie et la marantaçaie sont les deux principaux types physionomiques des forêts secondaires jeunes les plus fréquentes sur l'ensemble de l'Afrique centrale. Il semble opportun de renommer cette alliance afin de tenir compte de la contribution des *Marantaceae* comme un élément dynamogénétique au sein des forêts secondaires jeunes : *alliance Musangion cecropioidis* Lebrun et Gilbert 1954.

Les espèces caractéristiques de cette *alliance* sont celles proposées par Lebrun et Gilbert, auxquelles nous proposons les éléments de la « marantaçaie », précédés de * dans le tableau 10.

Tableau 10 : Espèces caractéristiques de l'alliance Musango- cecropioidis (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Buchnerodendron speciosum</i> Gürke	mph	BGC	Hél	Zo	S
<i>Croton mubango</i> Müll. Arg.	mph/mPh	Cgo	Hél	Aut	C
* <i>Haumania leonardiana</i> Evrard & Bamps	mG/L	Cgo	Hgr-H-Hél	Zo	S
* <i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & Th. Dur.) J. Léonard	mG/L	BGC	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Macaranga spinosa</i> Müll. Arg.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	C
* <i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Benth.) Milne- Redh.	mG	Gc	Hgr-H-Hél	Zo	S
<i>Melia bombolo</i> Welw.	mPh	Gc	Ms-Hél	Zo	C?
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Oncoba glauca</i> (P. Beauv.) Gilg	mph	BGC	Ms-Hél	Ba	S
<i>Oncoba dentata</i> Gilg	mph	Gc	Ms-Hél	Aut	Z
<i>Vernonia titanophylla</i> Brenan	mph	Gc	Hél	An	S

Le type de cette *Alliance* est l'association *Musangetum cecropioidis* (Louis) Lubini (1982) 1986 étudiée dans la région de Kisangani- Yangambi, en cuvette centrale congolaise. Au Gabon, nous avons observé de belles parasoleraies dans la région de Makokou, de même qu'à Dimonika, au Mayombe du Congo Brazzaville.

2°. *Alliance Crotono- Albizion zygiae* Lubini all. nov.

Cette *Alliance* regroupe les forêts secondaires développées dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise semi-sempervirente périguinéenne, en région jouissant d'un climat subéquatorial, caractérisé par une saison sèche de trois mois au moins et des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1400-1500mm. Les sols sont généralement des oxisols sableux à humidité de type udique [28]. Dans de telles conditions, la composition floristique des forêts indique une proportion significative d'espèces caducifoliées; nombre d'entre elles sont des espèces microphylles ou nanophylles, notamment les espèces des genres *Albizia*, *Cathormion*, *Dichrostachys*, *Hymenocardia* ainsi que *Millettia drastica*. Les espèces habituelles de l'alliance *Musangion cecropioidis* (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986 telles que *Musanga cecropioides*, *Macaranga monandra*, *M. spinosa*, *Vernonia conferta*, *Myrianthus arboreus* deviennent rares ou n'apparaissent pas comme éléments constitutifs dominants.

Ce type de forêt secondaire jeune constitue une unité physionomique, floristique, structurale, écologique et phytosociologique différente de celle qui se développe sous un climat équatorial maritime ou continental. Nous proposons réunir ces forêts secondaires du pourtour de la cuvette centrale congolaise en une *alliance* phytosociologique : *Crotono-Albizion zygiae* Lubini all. nov., homologue de *Haumanio-Musangion cecropioidis*.

La composition floristique de la synusie arborescente fait apparaître une proportion notable d'espèces à feuillage partiellement ou totalement caduc adaptées à la longue saison sèche. La plupart des espèces ont une large distribution dans le centre régional d'endémisme guinéo-congolais ; par contre, d'autres montrent une distribution plus restreinte. Parmi les espèces caractéristiques de cette *alliance* mentionnons sont reprises dans le tableau 11 suivant.

Tableau 11 : Espèces caractéristiques de l'alliance Crotono- Albizion zygiae Lubini all. nov.

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Albizia zygia</i> (Schumach.) W. F. Wight	mPh	Gc	Hgr-Hél	Au	S, C
<i>Croton haumanianus</i> J. Léonard	mPh	Cgo	Ms-Hél	Zo	S
<i>Croton mubango</i> Müll. Arg.	mph	Cgo	Ms-Hél	Zo	S
<i>Croton sylvaticus</i> Hochst. ex Krauss	mPh	Gc	Hgr-Hél	Au	C, S
<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Mph	At	Ms-Hél	An	C, S
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.&Müll.Arg.) Webster	mPh	At	Hél	Zo	C
<i>Millettia drastica</i> Welw.	mPh	BGC	Ms-Hél	Aut	C, S
<i>Millettia versicolor</i> Welw. ex Bak.	mPh	BGC	Ms-Hél	Aut	C
<i>Morinda lucida</i> Benth.	mPh	Gc	Ms-Hél	Zo	S
<i>Oncoba glauca</i> (P. Beauv.) Gilg	mph	BG/Cgo	Ms-Hél	Zo	S
<i>Platysepalum violaceum</i> De Wild.var. <i>vanhouttei</i> (De Wild.) Hauman	mPh	BGC	Hgr-Hél	Aut	C, S
<i>Samanea leptophylla</i> (Harms) Brenan & Brummitt	mPh	Cgo	Hgr-Hél	Ba	S, C

Le type de cette *alliance* est l'association à *Albizia adianthifolia* et *Millettia drastica* dont la composition floristique essentielle est donnée dans le tableau 12 suivant.

Tableau 12. Composition floristique essentielle Millettio- Albizietum adianthifoliae Lubini ass. nov.

Numéros de relevés	1	2	3	4	5
Surface de relevés (m ²)	500	450	450	500	500
Caractéristiques de l'association					
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. F. Wight	2.3	+1	2.2	1.2	2.2
<i>Millettia drastica</i> Welw.	3.3	2.1	1.1	2.3	2.1
<i>Albizia zygia</i> (DC.) Macbride	1.1	1.2	2.2	+1	1.2
<i>Dracaena mannii</i> Bak. var. <i>nitens</i> Welw.	3.1	1.1	2.1	1.1	1.1
<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	1.1	1.1	1.1	-	-
<i>Combretum racemosum</i> P. Beauv.	+1	-	-	1.1	+1
<i>Camoensia scandens</i> (Welw.) Gillet	+1	-	-	-	-
Caractéristiques Crotono- Albizion					
<i>Croton sylvaticus</i> Hochst. ex Krauss	1.1	-	1.2	-	1.2
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	-	-	1.2	2.1	-
<i>Millettia versicolor</i> Welw. ex Bak.	-	2.1	-	-	1.1
<i>Cathormion leptophylla</i> (Harms) Gilbert & Boutique	+1	-	1.1	-	-
<i>Entada gigas</i> (L.) Fawcett & Rendle	+1	-	-	-	-
<i>Barteria fistulosa</i> Mast.	+1	-	-	1.1	1.2
Caractéristiques <i>Musangetalia cecropioidis</i>					
<i>Barteria nigrifolia</i> Hook.	-	1.2	1.1	-	-
<i>Macaranga spinosa</i> Müll. Arg.	1.2	2.3	1.2	-	-
<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	+1	-	2.1	-	-
<i>Voacanga cholotiana</i> Pierre ex Stapf	1.1	-	-	1.1	-
Espèces des jachères préforestières et des forêts matures					
<i>Manikara obovata</i> (Sabine & G. Don) J.H. Hemsley	1.1	-	-	-	-
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wld. & Th. Dur.	2.1	2.2	-	2.3	1.2
<i>Vernonia brazzavillensis</i> Aubr. ex Compère	1.2	-	-	-	-
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	1.1	-	1.1	1.1	-
<i>Strychnos variabilis</i> De Wild.	1.1	-	1.1	-	-
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	+1	-	1.1	1.2	-
<i>Hypselodelphys scandens</i> Louis & Mullenders	2.2	-	1.2	1.2	2.2
<i>Manotes expansa</i> Sol.ex Planch.	+1	-	-	1.2	+1
<i>Palisota ambigua</i> (P. Beauv.) C. B. Clarke	2.2	-	2.2	-	+1

<i>Manniophyton fulvum</i> Müll.- Arg.	+1	+1	1.1	-	1.1
<i>Sclerocroton cornutus</i> (Pax) Kruijt & Roebers	1.1	-	-	1.2	2.3
<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum.	-	-	1.1	+1	2.1
<i>Scleria boivinii</i> Steud.	2.2	2.3	1.2	2.2	-
<i>Colletocema dewevrei</i> (De Wild.) E. Petit	+1	-	-	-	-
<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	-	1.1	-	-	2.1
<i>Oncoba echinulata</i> (Oliv.) Gilg	-	1.1	-	-	-
<i>Haumania danckelmaniana</i> (J. Braun & K. Schum.) Milne-Redh.	-	2.2	-	-	-
<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.	-	1.1	-	-	-
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	-	1.1	1.1	-	-
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	-	+1	1.2	-	-
<i>Paropsia guineensis</i> Oliv.	-	-	1.1	-	-
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunnal) A. Rich.	-	-	1.2	+1	-
<i>Morinda lucida</i> Benth.	-	-	-	1.2	+1
<i>Dalbergia grandibracteata</i> De Wild.	-	-	-	1.2	1.1
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	+1	-	-	+1	1.1
<i>Dichostemma gaucescens</i> Pierre	-	-	-	-	1.1
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	-	-	-	-	1.1

Localisation des relevés du Tableau 12

Relevé 1. Station et relevé types de l'association. Jeune forêt secondaire développée sur un sol sablonneux dans la vallée de la Limbimi, affluent de la Lufimi ; pente 5%, village Mbankana, à 140km à l'est de Kinshasa, le 30 mars 1988.

Relevé 2. Makokou, Station de Recherches et Réserve d'Ipassa ; jeune forêt secondaire à dominance d'*Albizia zygia* et *Millettia drastica* développée sur un sol argilo-sableux ; Makokou, le 5 juin 2005.

Relevé 3. Jeune forêt secondaire à dominance d'*Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia* et *Millettia drastica*, atteignant 6- 8m de hauteur, développée sur un sol sableux, à la lisière d'une clairière ; village Bobala, situé à environ 35km au nord- ouest de la Cité de Nioki, sur la Mfimi, affluent de la rivière Kasai ; le 8 février 2004.

Relevé 4. Forêt secondaire jeune à prédominance de *Millettia drastica*, *Albizia adianthifolia* et *Dracaena mannii* établie sur un sol sableux, sur une pente de 4,5% ; Station Ibi, plateau de Bateke, 135km à l'est de Kinshasa, le 9 mai 2006.

Relevé 5. Jeune forêt secondaire caractérisée par la prédominance d'*Albizia adianthifolia*, *Millettia drastica*, *Albizia zygia*, *Sclerocroton cornutus* et *Markhamia tomentosa*. Village Kimpwati III, Territoire de Kasangulu, route menant à la Mission catholique Kipako et village Mbamba- Kilenda, à environ 25km à l'est de la route Kinshasa- Matadi, le 17 février 2006.

1.3. Stade de forêt la secondaire mature :

Ordre *Zanthoxylo- Terminalietalia* (Syn. *Fagaro- Terminalietalia*) Lebrun et Gilbert 1954

Sous cette dénomination sont groupées les forêts secondaires vieilles ou secondaires matures ou forêts de remplacement [1]. Les éléments constitutifs de ces forêts succèdent normalement aux forêts secondaires jeunes, sous lesquelles, elles prennent naissance, mais par la suite, elles exigent un plein éclaircissement solaire. Ce sont des héliophytes tolérants, à ramification souvent sympodiale, de taille élevée, dépassant souvent 35m de hauteur. Leur croissance est moins rapide que les espèces pionnières ; la fructification est tardive et souvent saisonnière. Elles sont qualifiées d'«espèces cicatricielles ou nomades » du fait qu'elles ne forment pas, à quelques rares exceptions de peuplements homogènes. Notons que certaines essences de ces forêts secondaires matures sont longévives et persistent encore longtemps dans les forêts ombrophiles semi-sempervirentes matures. C'est le cas pour *Canarium schweinfurthii*, *Pycnanthus angolensis*, *Petersianthus macrocarpus* et *Milicia excelsa*. Relevons également que plusieurs espèces ont des diaspores des types ptérochore ou pogonochore ; la dissémination est présumée assurée par anémochorie, c'est- à- dire par le vent. Aux espèces caractéristiques de l'Ordre proposées par [1], il convient d'adjoindre celles qui caractérisent les forêts secondaires matures du Bas-Guinéen et du Congolais [13]. On retiendra que la plupart de ces espèces sont aussi les caractéristiques d'alliances et des associations forestières qu'elles forment. Le tableau suivant reprend les caractéristiques locales de cet Ordre.

Tableau 13: Espèces caractéristiquesde Ordre Zanthoxylo- Terminalietalia (Syn. Fagaro- Terminalietalia) Lebrun et Gilbert 1954

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	mPh	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Antrocaryon nannanii</i> De Wild.	mPh	BG	Hgr-Hél	Ba, Zo	S
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	MPh	BG	Hgr-Hél	An	S
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	MPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	MPh	Pt	Hgr-Hél	An	C
<i>Desplatsia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	mPh	Gc	Hgr-Hél	Ba, Zo	S
<i>Discoglyprena caloneura</i> (Pax) Prain	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	mPh	Gc	Hgr-Hél	An	S
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	mPh	Gc	Hgr-Hél	An	S
<i>Holoptelea grandis</i> (Hutch.) Mildbr.	MPh	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Khaya anthotheca</i> C. DC.	MPh	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.f.	MPh	Gc	Hgr-Hél	An	S
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	MPh	At	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Morus mezozygia</i> Stapf	MPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Aut	S
<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.	MPh	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Mph	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre subsp. <i>africanum</i> J.Léonard	MPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Sterculia bequaertii</i> De Wild.	mPh	Cgo	Hgr-Hél	Zo	C
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Mph	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC.	MPh	Am	Hgr-Hél	Ba, Zo	S
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	MPh	Gc	Hgr-Hél	An	C
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	MPh	At	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Xylia ghesquieri</i> Robyns	mPh	Cgo	Hgr-Hél	Aut	S

Dans l'ensemble de l'Afrique Centrale, et malgré l'existence de nombreuses espèces communes, les diverses forêts secondaires matures ont une composition floristique et une répartition géographique qui rappellent les principales phytochories proposées par [13] [10] [31].

Chaque type de ces forêts réalise son optimum dans une des phytochories. Ces tendances chorologiques sont en outre appuyées par des variations éoclimatiques qui les sous-tendent, notamment les précipitations moyennes annuelles et la durée de la saison sèche qui influe sur la période de défoliation pouvant être courte et incomplète ou prolongée et concentrée d'essences émergentes. L'Ordre *Zanthoxylo-Terminaletales* s'individualise en des entités phytosociologiques et écologiques et dont les espèces caractéristiques sont des espèces propres aux Sous-centres Bas-guinéen, et Congolais [11] [12] [28] [10]. Dans chacune de ces entités, il existe plusieurs types de forêt mature dont des perturbations anciennes ou relativement récentes ont donné lieu au développement de forêts secondaires matures actuelles que l'on peut regrouper en des syntaxons de rang immédiatement subordonné à l'Ordre, c'est-à-dire *alliances*. Ce sont les suivantes.

α Élément du Bas-guinéen atlantique dominant:

Alliance Lophiro- Aucoumeion Lubini all. nov.

Il s'agit de la forêt secondaire mature qui se développe dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo-congolaise sempervirente littorale hygrophile dans le Domaine Bas-Guinéen sur les formations géologiques sédimentaires du Quaternaire, du Crétacé ou du Jurassique. Cette zone s'étend depuis le littoral camerounais, équato-guinéen et gabonais sur une bande de 50- 80km de large. Elle jouit d'un climat équatorial côtier très chaud, hyperhumide, à ensoleillement et rayonnement relativement faibles. Les moyennes annuelles de la pluviosité, de l'insolation et du rayonnement s'élèvent respectivement à plus de 3000mm (5000mm pour certaines zones), 1400 à 1700 heures et 120kcal, notamment les régions de Douala, Kribi et l'île de Bioko. Les espèces caractéristiques de cette *alliance* sont au tableau 14 ci-après.

Tableau 14. Espèces caractéristiques locales de l'Alliance Lophiro- Aucoumeion klaineanae Lubini all. nov.

Espèces	TB	DG	DE	D	F
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	MPh	BG	Hgr-Hél	An	S
<i>Cola lizae</i> N. Hallé	mPh	BG	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Dacryodes klaineana</i> Pierre	mPh	BG	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaert f.	MPh	GC	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Odyendyea gabonensis</i> (Pierre) Engl.	mPh	BG	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Sacoglottis gabonensis</i> (Baill.) Urb.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Spatodea campanulata</i> P. Beauv.	mPh	Gc	Hél	An	C
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A.Rich.	mPh	At	Hél	Zo	S

Pour les abréviations, on se rapportera à la légende du tableau...

Trois associations forestières secondaires sont bien connues en Afrique Centrale atlantique: forêt à *Aucoumea klaineana* et *Sacoglottis gabonensis* [32] [33] [34] [35] forêt à *Lophira alata* et complexe de forêt à *Aucoumea klaineana*, *Lophira alata* et *Sacoglottis gabonensis*. Ce dernier type de forêt se développe dans les zones des lisières forêt- formation herbeuse (savane) et dans des îlots forestiers résultant du processus d'afforestation des formations herbeuses. Elle se rencontre notamment dans le parc national de la Lopé au niveau de la Station, au Gabon. Les trois espèces se comportent ici comme des vraies pionnières [35]. A son état mature, ce complexe de forêt présente une physionomie bien structurée. Aux trois espèces dominantes des strates arborescentes se joignent *Cola lizae* et les habituelles de l'Alliance du *Musangion cecropioidis*, qui d'ailleurs péréclinent. Les arbustes typiques des formations herbeuses tels que *Crossopteryx febrifuga*, *Sarcocephalus latifolius*, *Millettia versicolor*, *Alchornea cordifolia* persistent dans la synusie arbustive. La forêt secondaire mature caractérisée par *Aucoumea klaineana* et *Lophira alata*, et dont la composition floristique essentielle est donnée dans le tableau 15 suivant constitue le type de cette alliance.

Tableau 15: Composition floristique essentielle du Lophiro- Aucoumeaetum klaineanae (Nasi) Lubini ass.nov.

Espèces caractéristiques de l'association	1	2	3
Surface (m ²)	625	625	625
Caractéristiques de l'association			
<i>Aucoumea klaineana</i> De Wild.	3.3	4.5	4.4
<i>Sacoglottis gabonensis</i> (Baill.) Urban	1.1	3.3	2.2
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dun.) A. Rich.	1.2	2.2	1.2
<i>Xylopia quintasii</i> Engl. & Diels	1.1	1.2	1.2
<i>Maprounea membranacea</i> Pax & Hoffm.	+1	2.2	1.2
<i>Dichostemma glaucescens</i> Pierre	1.1	1.2	-
<i>Anthonotha macrophylla</i> (Harms) Léonard	2.2	1.1	-
<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaert f.	1.2	-	1.2
Caractéristiques de l'alliance Lophiro-Aucoumeion			
<i>Scottellia coriacea</i> Pierre var. <i>klaineana</i>	-	1.1	1.1
<i>Cola lizae</i> N. Hallé	-	-	1.2
<i>Dacryodes buettneri</i> (Engl.) Lam	1.1	-	1.1
Caractéristiques de la classe Musango- Terminalietea			
<i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.	1.1	1.1	-
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	1.1	1.2	
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th. Dur.	-	-	1.2
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	1.1	-	-
<i>Alchornea cordifolia</i> Mëull. Arg.	1.1	-	-
<i>Bertiera racemosa</i> (G. Don) K. Schum. var. <i>racemosa</i>	-	1.2	-
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	1.2	-	1.1
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	1.1	-	1.1
<i>Ricnodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre subsp. <i>africanum</i> J.Léonard	1.1	-	-
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	1.1	-	-
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	-	-	1.1

Espèces des forêts matures			
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	1.1	1.1	1.1
<i>Hylodendron gabunense</i> Taubert	1.1	-	1.2
<i>Podococcus barteri</i> Mann & Wendl.	+1	+1	-
<i>Coula edulis</i> Baill.	1.1	1.1	-
<i>Antostema aubryanum</i> Baill.	-	-	2.2
<i>Cleistopholis patens</i> (Benth.) Engl. & Diels	1.1	1.1	-
<i>Phyllobotryon bracteatum</i>	1.2	-	-
<i>Palisota</i> sp.	2.3	2.2	-
<i>Psychotria gabonica</i> Hiern	-	1.2	-
<i>Laccosperma secundiflorum</i> (P. Beauv.) O. Kuntze	+1	1.1	-
<i>Sclerosperma mannii</i> Mann & Wendl.	2.2	-	-
<i>Vitex pachyphylla</i> Bak.	-	1.1	-
<i>Erismadelphus exsul</i> Mildbr.	-	1.1	-
<i>Baphia</i> sp. cfr. <i>B. laurifolia</i> Baill.	-	1.2	-
<i>Erytrophloeum ivorense</i> A. Chev.	-	1.1	-
<i>Ficus vogeliana</i> (Miq.) Miq.	1.1	-	-

Localisation des relevés du Tableau 15

Relevé 1. Station et relevé types de l'association. Peuplements purs d'*Aucoumea klaineana* issus de la colonisation d'anciennes zones de culture et établis sur un sol sableux en surface, devenant argilo-sableux en profondeur, le taux d'argiles dépassant 15%, pauvre et largement désaturé, pH acide; sous un climat de type équatorial austral (quatre saisons), une pluviosité annuelle moyenne de 1880mm. Oyane, à 55km au sud de Libreville, 1997. Ce relevé a été réalisé par le Dr. R. Nasi à Oyane, au Gabon.

Relevé 2. Forêt secondaire mature à *Lophira alata*, *Sacoglottis gabonensis*, *Aucoumea klaineana*, *Xylopia aethiopica*, établie sur sol humide développé sur des formations géologiques sédimentaires ; forêt peu fréquentée, avec un sous-bois assez dégagé. Forêt de la Mondah, à environ 20km au nord de Libreville, mars 1998.

Relevé 3. Forêt secondaire mature à prédominance de *Aucoumea klaineana*, *Lophira alata*, *Xylopia aethiopica* et *Sacoglottis gabonensis* issue de la colonisation forestière des formations herbeuses arbustives à *Crossopteryx febrifuga* établie sur sol sableux. Forêt peu élevée, se rencontrant sur la lisière forêt-formation herbeuse (savane). Parc national de la Lopé, le 8 juin 2006.

β Elément congolais prépondérant :

Alliance Pycnantho- Zanthoxylion gillettii (Syn. *Pycnantho- Fagarion* Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986

Ce sont les forêts secondaires qui se développent dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente congolaise, à tendance semi- sempervirente, mieux individualisées dans la cuvette centrale congolaise. Cette alliance a été proposée par [1] mais sans désigner le type (Art. 17, Code Inter. Phytosoc. 2000 [2]. Plusieurs associations y ont été reconnues et décrites [23] dont celles à *Petersianthus macrocarpus* et *Fagara macrophylla* var. *preussi* décrite par [21] [22] et la forêt à *Uapaca guineensis* étudiée par [36].

Parmi les espèces caractéristiques de cette *alliance* on retiendra les suivantes listées au tableau 16 ci-après.

Tableau 16. Espèces caractéristiques locales de l'Alliance Pycnantho- Zanthoxylion gillettii (Syn. Pycnantho- Fagarion) (Lebrun et Gilbert) Lubini (1982) 1986

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	mPh	Gc	Hél	An	C
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	MPh	Gc	Hél	An	C
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	mPh	Gc	Hél	Zo	S
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre subsp. <i>africanum</i> J. Léonard	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Trilepisium madagascariense</i> D.C.	mPh	Gc	Hél	Zo	S
<i>Uapaca guineensis</i> Müll. Arg.	mPh	Gc	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (Engl.) Waterman	mPh	Gc	Hél	Zo	C,S

L'association type de cette *alliance* est la forêt secondaire mature à *Petersianthus macrocarpus* et *Zanthoxylum gillettii* (Syn. *Fagara macrophylla* var. *preussii*): *Zanthoxyl- Petersianthetum macrocarpi* Lubini (1982)1986 (Syn. : *Fagaro-Petersianthetum macrocarpi* Lubini (1982) 1986.

γ. Eléments Bas- Guinéen continental et Congolais en mélange:

Alliance Triplochito- Terminalion (Lebrun et Gilbert) Lubini 1997

Il s'agit de forêts secondaires matures qui se développent dans l'aire de la forêt ombrophile semi- sempervirente guinéo-congolaise. Cete *alliance* regroupe les forêts secondaires matures du District phytogéographique du Mayombe (Robyns, (42) 1948), la région Sangha- Ubangui, notamment les forêts de Ngotto au sud- ouest de Bangui, qualifiées « forêts à *Malvales* et *Ulmaceae* » [8] mieux développées sur les sols argilo-sableux ou argileux lourds argileux rouges dérivés des roches sédimentaires archéennes [7], parfois superficiels, généralement pauvres, fortement désaturés et très acides. La région reçoit des précipitations moyennes annuelles inférieures à 1400mm dans le Mayombe ou 1500-2000 mm/an selon l'indice pluviométrique calculé par [8]. Elles s'observent aussi dans le District Bas- guinéen Atlantique Oriental [14].

Sur la chaîne du Mayombe, la baisse des précipitations [37], l'altitude et la nature de sols sont des facteurs de différenciation de la composition floristique des forêts de type ombrophile semi-sempervirent guinéo-congolais. La végétation forestière de est de même type, c'est- à- dire la forêt ombrophile guinéo-congolaise semi- sempervirente humide, avec une période de défoliation très nette et bien concentrée. La saison sèche y est de trois mois. Les forêts secondaires matures qui résultent de la destruction de ces forêts se caractérisent par l'abondance de *Terminalia superba* et *Triplochiton sceroxylon* dans la Sangha- Ubangui, ou de *Terminalia superba* ainsi que de *Xylopia aethiopica*, *Xylopia wilwerthii*, *Xylopia hypolampra*, *Xylopia quintasii*, *Xylopia chrysophylla* dans le Mayombe.

Dans ce Secteur du Mayombe du Congo- Kinshasa, deux *associations* forestières secondaires matures, la forêt à *Terminalia superba*, et celle à *Xylopia aethiopica* et *Funtumia elastica* ont été reconnues et étudiées par [38]. Dans le Mayombe du Congo- Brazzaville, [39] signale une forêt secondaire à *Aucoumea klaineana* formant des peuplements purs, ou avec *Hymenocardia ulmoides*, *Manotes expansa*, *Thomandersia laurifolia*, *Chaetocarpus africanus*, *Pentaclethra macrophylla*, *Xylopia aethiopica* et *Barteria fistulosa*.

Parmi les espèces caractéristiques de cette *alliance*, nous retenons celles reprises dans le tableau 17 suivant:

Tableau17. Alliance Triplochito- Terminalion (Lebrun et Gilbert) Lubini 1997

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Dacryodes buettneri</i> (Engl.) Lam.	mPh	BG	Hgr-Hél	Z	S,C
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	mPh	Gc	Hél	An	S,C
<i>Holoptelea grandis</i> (Hutch.) Mildbr.	MPh	Cgo	Hél	An	C
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg.	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Ricnodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre subsp. <i>africanum</i> J. Léonard	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	mPh	Gc	Hél	An	C
<i>Triplochiton sclerxylon</i> K. Schum.	MPh	Gc	Hél	An	C
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	mPh	Gc	Hél	Zo	S
<i>Xylopia hypolampra</i> Mildbr.	mPh	BG	Hgr-Hél	Zo	S
<i>Xylopia toussaintii</i> Boutique	mPh	May	Hél	Zo	S

L'association type de cette *alliance* est la forêt secondaire à *Terminalia superba* reconnue par [40] et décrite par [38]: *Terminalietum superbae* (Donis) Lubini 1997.

δ. Élément de transition guinéo- congolais/zambézien en mélange :

Alliance Bosqueiopso- Millettia Lubini, all. nov.

Ce sont les forêts secondaires vieilles qui se développent dans l'aire de la forêt ombrophile guinéo- congolaise semi-sempervirente périguinéenne. Elles succèdent normalement à la forêt secondaire jeune. Floristiquement, elles sont moins bien caractérisées par rapport à leurs homologues septentrionales. La période de défoliation est prolonguée, bien concentrée et généralement complète. Elles se développent sur les sols sableux ou sablo-argileux. Ces sables sont de type Salonga (Lukenie- Sankuru et périphérie) ou d'âge cénozoïque (Kwango-Kwilu- Nsele). Le climat est tropical humide ou relativement sec, avec une saison sèche de trois ou quatre mois. La région reçoit en moyenne annuelle 1300- 1600mm de pluies, 1700- 2300 heures d'ensoleillement et 120- 160kcal/cm² de rayonnement [7]. Dans certaines zones, notamment en zone de lisière, le processus de régénération forestière des formations herbeuses est très visible.

Nous regroupons les forêts secondaires matures de cette zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne des Secteurs du Kasai et du Bas-Congo [16] en une *alliance* : *Bosqueiopso- Millettia laurentii* Lubini all. nov.

En région de Kaniama, c'est- à- dire limite nord- ouest du Secteur du Bas- Katanga [16], [41]a décrit une forêt à *Mellera lobulata* et *Canarium schweinfurthii* dans laquelle on relève une forte présence des caractéristiques de la *Classe Musango-Terminalietea*. Les principales caractéristiques de cette *alliance* sont reprises dans le tableau 18 ci-après.

Tableau 18. Principales espèces caractéristiques de l'alliance Bosqueiopso- Millettia laurentii Lubini all. nov.

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch. subsp. <i>africana</i> (Engl.) C.C.Berg. var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Carner	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Bosqueiopsis gillettii</i> De Wild. & Th. Dur.	mPh	Cgo	Hél	Zo	C
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	MPh	Gc	Hél	Zo	C
<i>Celtis gomphophylla</i> Baker	mPh	Cgo	Hél	Zo	C
<i>Dracaena mannii</i> Baker	MPh	At	Hél	Zo	S
<i>Ficus exasperata</i> Valh	mPh	Pal	Hél	Zo	S
<i>Margaritaria discodea</i> (Baill.) Webster	mPh	At	Hél	Zo	C
<i>Mellera lobulata</i> S. Moore	Chr	Zamb.	Hél	Aut	?S
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	mPh	BG/Cgo	Hél	Aut	C
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th.Dur.	Mph	BG/Cgo	Hél	Aut	S
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	mPh	Gc	Hél	Aut	S
<i>Strychnos variabilis</i> De Wild.	mPh	Cgo	Hgr-Hél	Zo	S

L'association type de cette *alliance* est la forêt secondaire mature à *Milicia excelsa* et *Celtis gomphophylla*. La composition floristique essentielle de cette *association* forestière qui valide cette *alliance* est donnée dans le tableau 19 suivant.

Tableau 19. Composition floristique essentielle de *Celtido- Milecietum excelsae* Lubini ass. nov.

Numéro des relevés	R1	R2	R3	R4
Surfaces de relevés (m ²)	625	625	625	625
Caractéristiques de l'association				
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg.	2.1	3.1	3.2	3.2
<i>Celtis gomphophylla</i> Baker	3.2	2.2	1.2	1.1
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	2.2	-	2.2	-
<i>Trilepisium madagascariense</i> D.C.	3.3	1.1	1.2	1.1
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Marantochloa congensis</i> (K. Schum.) J. Léonard & Mullenders	5.5	2.2	1.2	+1
<i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & Th. Dur.) J. Léonard	1.2	2.2	4.4	-
Espèces Musango- Terminalietea				
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & Th.Dur.	3.3	1.1	1.1	1.2
<i>Bosqueiopsis gillettii</i> De Wild. & Th. Dur.	2.1	1.1	-	-
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	-	-	1.1	1.1
<i>Dracaena mannii</i> Baker	-	-	1.1	2.2
<i>Ficus exasperata</i> Valh	-	2.1	-	2.2
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Riciodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre subsp. <i>africanum</i> J. Léonard	-	2.1	1.2	1.2
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	1.1	1.2	-	-
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	-	-	1.2	1.1
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	-	-	1.1	1.1
<i>Antiaris toxicaria</i> subsp. <i>Africana</i> var. <i>welwitschii</i> Lesch. subsp. <i>africana</i> (Engl.) C.C.Berg. var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Carner	-	-	1.1	1.1
<i>Tabernaemontana crassa</i> Bernth.	-	-	+1	+1
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	-	-	-	1.1
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	-	-	-	1.1
Espèces Oxystigmo- Scorodophloeion				
<i>Microdesmis puberula</i> Hook. f.	2.2	+1	1.2	+1
<i>Leptaspis zeylanica</i> (Thw.) Nees	1.2	+1	+1	1.2
<i>Strombosia gandifolia</i> Hook. f. ex Benth.	2.2	1.1	1.2	-
<i>Strombosia pustulata</i> Oliv. var. <i>pustulata</i>	3.3	-	1.1	1.1
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	1.1	-	1.1	-
<i>Entandrophragma angolense</i> C.DC.	1.1	1.1	-	1.1
<i>Cola marsupium</i> K. Schum.	2.2	-	+1	+1
<i>Bolbitis gemmifera</i> (Hiern) C. Christ.	+1	+1	-	+1
<i>Agelaea pentagyna</i> (Lam.) Baill.	-	2.3	+1	+1
<i>Aframomum subsericeum</i> (Oliv. & Han.) K. Schum.	-	2.2	-	1.2
<i>Psychotria nigropunctata</i> Hiern	-	-	1.2	-

Localisation des relevés du Tableau 19

Relevé (R)1. Forêt secondaire mature caractérisée par la prédominance de *Milicia excelsa*, *Celtis gomphophylla* et *Trilepisium madagascariense* développée sur un sol argilo-sableux ; la strate arborescente supérieure atteint 35m et plusieurs espèces de cette synusie sont caducifoliées. Dans la strate herbacée, *Marantochloa congensis* domine cette synusie. Village Kindele, à 7km au nord de la paroisse catholique Djuma sur la rivière Kwilu (Bandundu), le 26 août 1987.

Relevé 2. Forêt secondaire mature à prédominance de *Milicia excelsa*, *Celtis gomphophylla* dans la synusie arborescente supérieure et *Marantochloa congensis* dans le sous-bois. Village Kindele, près de la Paroisse Djuma sur la rive droite de la rivière Kwilu (Bandundu) mais à quelques 900m à l'est du relevé 1, le 26 août 1987.

Relevé 3. Station et relevé types de l'association. Forêt secondaire mature assez vieille, caractérisée par la prédominance de *Milicia excelsa*, *Millettia laurentii* dans la strate arborescente supérieure qui atteint la hauteur de 35m, et *Haumania liebrechtsiana* dans la strate herbacée, développée sur un sol sableux, dans la vallée de la Lwano, affluent de la Kamtsha qui est elle-même affluent de la rivière Kasai. Village Kwilandongo situé à 75km au nord de Kikwit sur la route de Mateko, le 19 septembre 1989.

Relevé 4. Forêt secondaire mature caractérisée par *Milicia excelsa*, *Pentaclethra macrophylla*, *Petersianthus macrocarpus* dans la strate arborescente ; la strate herbacée comporte entre autres *Aframomum giganteum*. Le sol est argileux. Village Mbelenge, sur la rive gauche de la rivière Kasai dans la province du Kasai Occidentale, à environ 25km en amont de la localité Ndjoko-Punda (Ex Charleville), point de rupture de la navigation sur cette rivière), le 23 août 2007.

5.2 FORÊT SECONDAIRE DE MONTAGNE

Cet Ordre regroupe les forêts secondaires du centre régional morcellé afromontagnard. L'élévation de l'altitude en région de montagne induit des modifications des facteurs climatiques, édaphiques et biotiques, impliquant le développement d'une flore qui est caractérisée par la présence d'espèces mésothermes. Les activités de l'homme introduisent des modifications qui donnent lieu à des séries évolutives diachroniques. Ces considérations sont à la base de la classification de cette végétation forestière secondaire proposée par [1]. Ces auteurs rassemblent la végétation des jachères, friches, recrus et forêts secondaires de montagne du Congo en un seul ordre phytosociologique : *Ordre Polyscietalia fulvae* Lebrun et Gilbert 1954.

Les caractéristiques proposées par ces auteurs sont entre autres les suivantes :

Tableau 18. Espèces caractéristiques de l'Ordre Polyscietalia fulvae Lebrun et Gilbert 1954.

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Bridelia brideliifolia</i> (Pax) Fedde	mPh	Mo	Hél	Zo	C, S
<i>Croton macrostachyus</i> Hochst. ex Del.	mPh	At	Hél	Aut	S?
<i>Dombeya goetzenii</i> K. Schum.	mph	At	Hél	An	S
<i>Ehretia cymosa</i> Thann.var. <i>cymosa</i>	mPh	Gc	Hél	Zo	S
<i>Hagenia abyssinica</i> (Bruce) J. F.Gmel.	mPh	Mo	Hél	An	S
<i>Lobelia giberroa</i> Hemsley.	nph	Mo	Hél	Aut	S
<i>Macaranga neomildbraediana</i> Lebrun	mPh	Mo	Hél	An	S
<i>Myrianthus holstii</i> Engl.	mph	Mo	H-Hél	Zo, B	S
<i>Neoboutonia macrocalyx</i> Pax (optimum)	mPh	Mo	Hél	Aut	S
<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms	mPh	Mo	Hél	Zo	S
<i>Rubus rigidus</i> Sm.	Lph	Ap	Hél	Zo	S

L'âge, la physionomie, la structure et la composition floristique permettent de distinguer deux *alliances* phytosociologiques, correspondant aux deux paliers évolutifs : les friches et jachères préforestières d'une part, et d'autre part les forêts secondaires. La classification proposée par [1] se présente comme suit :

1°. Alliance *Lobelion giberroae* Lebrun et Gilbert 1954

Ce sont des friches, jachères préforestières de montagne qui succèdent aux groupements des nitrophytes postculturaux ou des clairières des forêts situées dans l'étage montagnard supérieur sur les sols généralement bien drainés et profonds, sous une atmosphère très humide de la crête Congo- Nil. Plusieurs associations y ont été reconnues et décrites [23]. La plupart des caractéristiques sont des espèces montagnardes limitées aux montagnes d'Afrique orientale.

En nous basant sur les travaux de [42] et [43], les espèces suivantes caractérisent cette *alliance* tandis que l'association type est celle à *Lobelia giberroa* décrite par [42] :

Tableau 19. Caractéristiques de l'alliance *Lobelion giberroae* Lebrun et Gilbert 1954

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Acanthus pubescens</i> (Thomson ex Olivier) Engl.	mph	At	Hél	Aut	S
<i>Dracaena altimontana</i> Mildbr.	nph	Mo	Hél	Zo	?S
<i>Helichrysum foetidum</i> (L.) Moench	Chd	At-Mo	Hél	An	?
<i>Lobelia giberroa</i> Hemsley	nph	Mo	Hél	An	?
<i>Lobelia petiolata</i> Hauman	nph	Mo	Hél	An	?S
<i>Microglossa densiflora</i> Hook.f.	nph	Mo	Hél	An	?
<i>Phyllanthus odontadenius</i> Müll. Arg.	nph	At	Hél	Aut	?S
<i>Rubus rigidus</i> Sm.	Lph	Ap	Hél	Zo	S
<i>Triumfetta cordifolia</i> A. Rich.	mph	Pal	Hél	Zo	C,S
<i>Vernonia hochstetteri</i> A. Rich.	nph	Mo	Hél	An	S
<i>Vernonia lasiopus</i> O. Hoffm.	nph	At,Mo	Hél	An	?S

Certaines caractéristiques des forêts secondaires de montagne font leur apparition dans ces friches et jachères préforestières.

2°. Alliance *Polyscion fulvae* Lebrun et Gilbert 1954

Il s'agit de forêts secondaires de montagne succédant aux friches et jachères préforestières. Elle est l'homologue de celle de basse altitude, *Musangion cecropioidis*. Comme pour l'alliance précédente, la composition floristique de ces recrus forestiers se caractérise par la forte présence des éléments nettement mésotermes qui caractérisent la flore montagnarde. [43] note le développement d'hémi-sciaphytes herbacés, lianeux ou frutescents très fréquents dans le sous-bois: *Pilea rivularis*, *Asplenium aethiopicum*, *Helichrysum maranguense*, *Solenostemon sylvaticum*.

Les caractéristiques de cette alliance sont celles proposées par [1] auxquelles se joignent quelques autres non citées par ces auteurs.

Tableau 20. Caractéristiques de l'alliance *Polyscion fulvae* Lebrun et Gilbert 1954

Espèces	TB	DG	GE	D	F
<i>Afrocrania volkensii</i> (Harms) Hutch.	mPh	Mo	Hél	Zo	S
<i>Croton megalocarpus</i> Hutch.	mPh	Mo	Hél	Aut	S
<i>Hagenia abyssinica</i> (Bruce) J. F. Gmel.	mPh	Mo	Hél	An	S
<i>Macaranga neomildbraediana</i> Lebrun	mPh	Mo	Hél	An	S
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk., var. <i>golungensis</i> Welw.	mph	Afm	Hgr-H-Hél	Zo	S
<i>Musanga leo-errerae</i> Hauman et J. Léonard	mPh	Mo	Hél	Zo	S
<i>Sinarundinaria alpina</i> (K. Schum.) Chao & Renvoize	mPh	Mo	Hél	Zo	S
<i>Tabernaemontana johnstonii</i> (Stapf) Pichon	mph	Mo	Hél	Zo	S
<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill.	mph	Mo	Hél	Aut	S

Plusieurs associations ont été reconnues et décrites au sein de cette alliance [23] ; [43]. L'association à *Hagenia abyssinica*, *Hagenietum abyssinicae* (Lebrun) Demaret 1958 est le type de cette alliance. Enfin, notons que [1] n'ont pas reconnu le stade de forêts secondaires matures de montagne. Les travaux postérieurs [42] [23] [43] confirment les observations de ces auteurs.

6 JARDINS FORESTIERS SECONDAIRES

Il s'agit de régénération forestière suffisamment évoluées en une forêt secondaire mature à partir d'anciennes plantations arborescentes ou d'arboreta en milieu forestier, envahies par les éléments du *Musango-Terminalietea* dans l'aire de la forêt ombrophile sempervirente ou de la forêt semi- sempervirente. En effet, dans l'aire des forêts ombrophiles sempervirentes ou semi- sempervirentes, les anciennes plantations de palmier à huile (*Elaeis guineensis*), d'hévéa (*Hevea brasiliensis*), de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et de caféier (*Coffea canephora* Froehn., *Coffea arabica* L.) abandonnées (sans soins, ni replantation, exploitation) depuis plus de cinquante ans évoluent vers un type de forêts secondaires dans lesquelles les espèces spontanées locales s'y développent et s'établissent aux côtés des espèces arborescentes cultivées. Les

espèces, telles que *Musanga cecropioides*, *Macaranga spinosa*, *Myrianthus arboreus*, *Funtumia africana*, *Funtumia elastica*, *Pycnanthus angolensis*, etc. y sont couramment rencontrées.

7 INTERET DE LA STRATIFICATION ET DE LA CLASSIFICATION DES FORETS SECONDAIRES

Dans le contexte de la REDD+, la végétation forestière secondaire peut être vue comme des sites très actifs de séquestration de carbone atmosphérique, c'est-à-dire « puits de carbone ». A cet égard, il est intéressant d'évaluer la capacité de production de la biomasse et d'induire le taux de carbone emmagasiné dans la végétation de chaque stade évolutif de l'ensemble de la série évolutive. L'aspect phytogéographique pourra apporter les éléments de comparaison entre les six zones écologiques constituant l'ensemble de l'Afrique Centrale. Dès lors, on pourra disposer des données synchroniques et diachroniques pour évaluer la contribution de l'Afrique Centrale à l'atténuation du changement climatique et la conservation. Un autre aspect d'intérêt pratique de cette note est que la classification phytosociologique est une source de données que l'aménagiste [44] peut utilement consulter pour envisager les vocations particulières attribuées à chaque type ou stade évolutif de l'ensemble de forêts secondaires de la Sous- Région d'Afrique Centrale. Les trois niveaux évolutifs de la série de végétation post-exploitation renseignent chacun sur la reconstitution de la diversité biologique, l'âge des espèces, leur croissance et l'intérêt sylvicole.

8 DISCUSSION

Depuis la dernière révision des groupements végétaux décrits du Congo, du Rwanda et du Burundi [23], plusieurs travaux phytosociologiques ont paru, notamment ceux concernant la dorsale orientale du lac Kivu [43], la région du Mayombe au Congo-Kinshasa [3] la région de Kikwit [45] [46] [47], le Bas- Kasai [48], la région de Kinshasa [49]. Des travaux similaires ont été aussi effectués au Gabon [50], en R.C.A. [9] en Guinée Equatoriale [14] mais pas forcément dans l'orientation phytosociologique. Il est dès lors utile d'élargir le cadre géographique de l'étude de [1] et d'y intégrer ces nouvelles contributions. Le mémoire de [1] est un cadre général qui propose une classification de la végétation forestière du Congo « soumis à l'appréciation des botanistes et des forestiers du Congo » en proposant les grandes unités phytosociologiques : *classe*, *ordre*, *alliance*, *association* pour que les travaux ultérieurs s'y intègrent. La présente étude apporte une contribution répondant aux souhaits de [1].

La publication des Flores nationales du Cameroun, du Gabon et d'Afrique centrale (Congo-Kinshasa, Rwanda, Burundi) a fortement amélioré la connaissance de la flore de d'Afrique Centrale, spécialement la flore forestière, ainsi que la distribution géographique et la chorologie [51] [52] des espèces. Dès lors, il est possible de préciser la distribution géographique majeure de certaines espèces caractéristiques des groupements végétaux de la contrée.

Le concept de Centres et Sous-centres régionaux d'endémisme proposés par [13] [31] permettent de clarifier les groupes phytogéographiques des espèces de l'Afrique Centrale, notamment au niveau des Sous- centres Bas-Guinéen, et Congolais. A ce niveau, les facteurs climatiques introduisent des différenciations dans l'organisation des espèces en communautés végétales parfois originales et caractéristiques d'une entité floristique. Ce sont des différentielles phytosociologiques et géographiques. C'est le cas d'*Aucoumea klaineana*, *Lophira alata*, *Sacoglottis gabonensis* qui sont endémiques ou presque du Bas-Guinéen où le climat est hyper- humide. Elles y constituent des peuplements forestiers secondaires exclusifs; *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra*, et *Xylopia* spp. s'organisent en groupements forestiers secondaires matures presque propres au Mayombe; *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., *Celtis zenkeri* Engl. et *Mansonia altissima* (A.Chev.) A. Chev. forment des peuplements forestiers secondaires matures sur les sols argileux rouges, elles sont presque exclusives à la périphérie nord-ouest du bassin du Congo, c'est-à-dire Bas- Guinéen Continental, Secteur Continental [14], Secteur Forestier central ouest [16] [53] jouissant d'un climat tropical humide avec une saison sèche de trois mois.

Enfin, *Millettia laurentii*, *Millettia versicolor*, *Pentaclethra eetveldeana* s'organisent en forêts secondaires mieux individualisées dans le sud- ouest de la cuvette centrale congolaise, c'est-à-dire, le nord-ouest et le centre du Secteur du Kasai [16] le plus souvent sur des sols sableux, sous un climat subéquatorial, avec une saison sèche également de trois mois et une période de défoliation bien concentrée et prolongée.

L'apparition très récente d'espèces invasives qui se sont adaptées aux conditions climatiques et édaphiques de l'Afrique Centrale, notamment *Chromolaena odorata*, *Bellucia axinantha* Triana modifie la physionomie et même l'évolution des groupements pionniers non forestiers des friches et jachères préforestières de l'ensemble de la contrée. De même, on aperçoit mieux aujourd'hui le rôle des *Marantaceae*, *Zingiberaceae* et *Costaceae* dans la composition floristique et la physionomie des recrus forestiers, friches et jachères préforestières. En effet, des peuplements importants de *Marantaceae* dont *Haumania liebrechtsiana*, *Megaphrynium macrostachyum* constituent un élément non négligeable du paysage forestier secondaire en Afrique Centrale.

De même, diverses espèces d'*Aframomum* dont *A. giganteum* (Oliv. & Hanb.)K. Schum. var. *giganteum*, *A. alboviolaceum* (Ridl.)K. Schum., *A. inversiflorum* Dhetchuvi, *A. subsericeum* (Oliv. & Hanb.)K. Schum. subsp. *subsericeum*, et *Costus lucanusianus* J.Braun & Schum.var.*lucanusianus*, *C. dubius* (Afzel.)K. Schum., *C. ligularis* Bak., etc. constituent des peuplements dans lesquels des éléments ligneux habituels des friches et jachères préforestières sont rares ; elles forment ainsi des types physiologiques et structuraux bien individualisés aujourd'hui mieux perçus. Toutes ces modifications floristiques et physiologiques importantes nécessitent la révision du grand cadre proposé par Lebrun et Gilbert afin de les y intégrer et contribuer à l'aménagement des forêts de la Sous- région d'Afrique Centrale.

9 CONCLUSION

Les forêts secondaires sont en extension sur l'ensemble de l'Afrique Centrale par suite de fortes pressions exercées par les exploitants forestiers et les paysans sur les forêts matures. Elles méritent un aménagement pour assurer la régénération naturelle des forêts perturbées, garantir la conservation et l'exploitation durable des ressources. Sur base des observations faites sur le terrain, des phytosociologies définies par [13], des Territoires phytogéographiques créés par [16] ainsi que la liste de principales espèces caractéristiques de différents stades évolutifs de la régénération forestière naturelle après les cultures et exploitations industrielles de bois, la classification des forêts secondaires proposée par [1] est revue et étendue à l'ensemble des forêts secondaires d'Afrique Centrale. Trois *alliances*, une *sous- alliance* et quatre *associations* phytosociologiques nouvelles accompagnées de diagnostics et leurs types sont proposées. Cette révision peut servir de document de base visant la stratification des forêts d'Afrique Centrale prévue dans le cadre du projet régional REDD+.

RÉFÉRENCES

- [1] Lebrun, J. et Gilbert, G. (1954) Une classification écologique des forêts du Congo. 89p. INEAC, sér. scient. n°63. Bruxelles.
- [2] Barkman, J.J. ; Moravec J. et Rauschert S. (2000) Code de nomenclature phytosociologique. Agr. Univ. Wageningen, In : Vegetatio, Vol. 32, (3). Wageningen: 130- 185.
- [3] FAO (1996) Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. FAO Forestry Paper 130, Rome. 152. S.
- [4] Aubréville, A. (1947) Les brousses secondaires en Afrique équatoriale. Bois et Forêts des Tropiques. 2 : 24- 49.
- [5] Moutsambote, J.-M. (1990) Dynamique de reconstitution forestière au Congo. Cas du Mayombe congolais. In Comptes-Rendus de la Douzième Réunion plénière de l'AETFAT, Hambourg, 4- 10 septembre 1988. Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik Hamburg, Band 23a: 225- 232.
- [6] Achoundong, G., Happi, Y. J., Guillet, B., Bonvallot, J. et Beyala, K. V. (2000) Formation et évolution des recrûs sur savanes. In Servant, M. et Servant- Vildary, S. (Edits.) Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux. Paris : 31- 41.
- [7] Vande Veghe, J.- P. (2004) Les forêts d'Afrique centrale. La Nature et l'Homme. Edit. Lannoo, 367 p.
- [8] Aubréville, A. (1949) Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. d'Edit. géog. marit. et col., Paris.
- [9] Yangakola, J.M. (2004) Biodiversité floristique et phytosociologie des végétations culturale, post- culturale, savanicole et étude de gradient le long de contact forêt-savane dans la région de Ngotto (République Centrafricaine).Thèse de doct. En cotutelle, Univ. de Lille 2 et ULB., 75p.
- [10] White, F. (1983) The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Nat. Resources Recherc*: 1- 356.
- [11] Lebrun, J. (1947) La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard. Exploration du Parc National Albert. Mission J. Lebrun (1937-1938). Inst. Parcs Nat. du Congo belge. Fasc. I, 800 p. Bruxelles. 1 carte, photos.
- [12] Aubréville, A. (4)(1962) Position chorologique du Gabon, In Flore du Gabon, 2 : 3- 11.
- [13] White, F. (1979) The Guineo-Congolian Region and its relations ships to other phytosociology. In Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 49: 11-55.
- [14] Senterre, B. (2005) Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et de la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doct. ULB., Bruxelles, 345 p. et annexes
- [15] Nanson, A. et Gennart, M. (1960) Contribution à l'étude du climax et en particulier du pédoclimax en forêt équatoriale congolaise. Bull. Inst. Agr. Et Station Rech. Gembloux. 28, (3) : 227- 342.
- [16] Robyns, W. (1948) Les territoires phytogéographiques du Congo belge et du Rwanda-Urundi. Atlas général du Congo belge : Inst. Roy. Colon. Belge, 11p.

- [17] Hoff, M. ; Brisse, H. et Grandjouan, G. (1983) La végétation rudérale et anthropique de la Nouvelle Calédonie et des Iles Loyauté (Pacifique Sud). Colloques phytosociologiques. XII, Végétation nitrophile et anthropogène . Bailleul 1983. Cramer, J. (édit.). Berlin : 179 – 248.
- [18] Lescure, J.- P. et Tostain, O. (1990) Les mangroves guyanaises. In Bois et Forêts des Tropiques, n° 220, Spécial Guyane : 35- 42.
- [19] Schnell, R. (1971) 45. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les problèmes généraux. Vol. II. Gauthier-Villars (Edits.). Paris, 446 p.
- [20] Vande Veghe, J.-P. (2005) (Les parcs nationaux du Gabon. Akanda et Pongara, Plages et mangroves. Wildlife-Conservation Society, Libreville, Gabon. 208 p.
- [21] Lubini, A. (1982) Végétation messicole et post-culturelle des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre), thèse de doctorat, (inédit.) Univ. de Kisangani, 489 p. et Annexes.
- [22] Lubini, A. (1986) Végétation adventice et post-culturelle de Kisangani et de la Tshopo (Haut- Zaïre). Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 56 (3/4) : 315- 340.
- [23] Schmitz, A. (1988) Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren (Bruxelles) : 315p
- [24] Mandango, A. M. (1982) Flore et végétation des îles du fleuve Congo dans la Sous- Région de la Tshopo (Haut- Zaïre). Univ. de Kisangani, Thèse de doct. Fac. Sci. Kisangani. 425 p.
- [25] Dhetchuvi, M. M. (1994) Aperçu sur les peuplements secondaires à *Marantaceae*, *Zingiberaceae* et *Costaceae* de la Forêt des Abeilles (Gabon). In van der Maesen, L. J. G.; van der Burgt, X. M. and Medenbach de Rooy, J. M. (edits.) The biodiversity of Africa Plants. Proceeding OF XIVth AETFAT Congress: 22 – 27 August 1994. Wageningen Agricultural University. The Netherlands: 145 – 149.
- [26] Kouka, L.A. (2001) Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques dans la flore du Parc National d’Odzala (Congo Brazzaville). In E. Robbrecht, J. Degreef & I. Friis (Eds.) *Proceedings of the XVIth AETFAT Congress*, National Botanic Garden, Belgium, August 28- September 2, 2000 : 827- 835.
- [27] Moutsambote, J.- M. (2011) Etude écologique, phytogéographique et phytosociologique du Congo septentrional (Plateaux, Cuvette, Likouala, Sanha) République du Congo. Univ. Marien Ngouabi. Thèse de doct. Etat, Brazzaville. 632 p.
- [28] Van Wambeke, A. (1995) Sols des Tropiques, CTA et HUY TROP, Huy, 335 p.
- [29] Kouka, L.A. (1997) Etude d’une forêt à *Marantaceae* dans le Parc National d’Odzala (Congo Brazzaville) : Classification structurale, Inventaire des espèces ligneuses et Aperçu sur la dynamique de la végétation. *Colloques phytosociologiques* XVII: 399- 427.
- [30] Lubini, A. (2004) Sur les aspects écologiques des forêts secondaires en Afrique Centrale et Occidentale francophone. In Actes Atelier Régional sur la gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique francophone : Réalités et perspectives. FAO/ UICN. Douala, Cameroun : 43 – 60.
- [31] White, F. (1986) La vegetation de l’Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l’Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Nat. Resources Recherche* (Unesco) 20. Paris : 1- 356.
- [32] Nasi, R. (1998) Les peuplements d’Okoumés au Gabon. Bois et Forêts des tropiques, n° 251 (1) : 5- 27.
- [33] Muloko, N. (2001) Phytogéographie de *l’Aucoumea klaineana* (Burseraceae) : apport des marqueurs génétiques. Univ. Montpellier II, Multipress Gabon, 207 p.
- [34] Letouzey, R. (1978) Phytogéographie camerounaise. In Flore du Cameroun, Vol..à compléter le n°. Museum d’Histoire Naturelle, Paris - Lewalle, J. (1972) Les étages de la végétation du Burundi Occidental. Bull. Jard. Nat. Belg. 42 : 247p. Meise, Belgique.
- [35] Oslysy, R. et White, L. (2000) La relation homme/milieu dans la réserve de la Lopé (Gabon) au cours de l’Holocène; les implications sur l’environnement. In : Servant, M. Servant, S.-Vildary (Edits.): *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*, Paris: 241- 250.
- [36] Lubini, A. et Mandango, A. (1981) Etude phytosociologique et écologique des forêts A *Uapaca guineensis* dans le Nord-Est du District Forestier Central (Zaïre). Kisangani, Meise, In Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 51. Meise : 231- 254.
- [37] Clairac, B. ; Cros, B. et Sénéchal, J. (1989) Le climat du Mayombe. In Sénéchal, J., Kabala, M. et Fournier, F. (Edits.) : *Revue des connaissances sur le Mayombe*, PNUD/Unesco/ Minist. Rech. Scient. et de l’Env. R.P.C.: 47- 68.
- [38] Lubini, A. (1997) La végétation de la réserve de biosphère de Luki. *Opera Botanica* 10, Jard. Bot. Nat. Belg. Meise, 155p.
- [39] Cusset, G. (1989) La flore et la végétation du Mayombe congolais. Etat de connaissances. In Sénéchal, J., Kabala, M. et Fournier, F. (Edits.) : *Revue des connaissances sur le Mayombe* PNUD/Unesco/ Minist. Rech. et de l’Env. R.P.C. : 103- 136.
- [40] Donis, C. (1948) Essai d’économie forestière au Mayombe. Public. I. N.E.A.C. Sér. sci. 37 Bruxelles. 92 p., 3 cartes, 61 fig.,

- [41] Mullenders, W. (1954) La végétation de Kaniama (Ente Lubishi- Lubilashi, (Congo bel.) INEAC. , Sér. sci. 61. Bruxelles, 499 p., photos.
- [42] Lewalle, J. (1972) Les étages de la végétation du Burundi Occidental. Bull. Jard. Nat. Belg. 42. Meise, Belgique : 247 p.
- [43] Habiaremye, M. K. F. X. (1997) Etude phytocoenologique de la dorsale orientale du lac Kivu (Rwanda). Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique. Annales sciences économiques, Vol. 24. 276p.
- [44] Fournier, A., Floret, C. et Gnahoua, G.- M. (2001) Végétation des jachères et succession post- culturale en Afrique tropicale. In Floret, Ch. Et Pontier, R. (Edits) Les jachères en Afrique tropicale; Rôles, aménagement, alternatives. Fallows in tropical Africa. Roles, Management, Alternatives. Vol. 2. De la jachère naturelle améliorée. Le point de connaissances. From natural to improved fallow systems. The current knowledge. John Libbey EUROTEXT, Paris : 123-168.
- [45] Lubini, A. et Kusehuluka, K. (1991) La forêt ombrophile semi- sempervirente à *Celtis mildbraedii* et *Gambeya lacourtiana* dans la région de Kikwit (Zaire). Bull. Jard. Bot. Nat. Belg., 61 : 305- 334.
- [46] Lubini, A. C. (2004) Sur les aspects écologiques des forêts secondaires en Afrique Centrale et Occidentale francophone. In Actes Atelier Régional sur la gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique francophone : Réalités et perspectives. FAO/ UICN. Douala, Cameroun : 43 – 60.
- [47] Masens D.M.Y. et Lejoly, J. (1996) L'association à *Elaeis guineensis* et *Tabernaemontana crassa* dans la région de Kikwit (Zaire). In *Fragm. Flor. Géobot.* 4(1) : 295- 313, Krakow. PL. ISSN (0015- 931 x).
- [48] Belesi, K. K. H. (2009) Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas- Kasai en République Démocratique du Congo. Thèse de doct. Univ. de Kinshasa. Kinshasa. 584 p.
- [49] Habari M. (2009) Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la région de Kinshasa et des bassins moyens des rivières Lukaya et Ndjili. Thèse de doctorat, Univ. de Kinshasa, Kinshasa, 273p.
- [50] Ngok, B. L. (2005) Diversité végétale des inselbergs et des dalles rogeuses du nord du Gabon, Thèse de doct., ULB. 420 p.
- [51] Léonard, J. (1990) Ecologie, Systématique et Chorologie : Le cas de diverses Euphorbiacées ripicoles africaines. In C.R. de la XIIIème Réunion plénière de l'AETFAT ; Hambourg, 4- 10 septembre 1988, Band 23b : 755- 758.
- [52] Léonard, J. (1965) Contribution à la subdivision phytogéographique de la région guinéo-congolaise d'après la répartition géographique d'Euphorbiacées d'Afrique tropicale, *Webbia* 19 : 87- 110.
- [53] Evrard, C. (1968) Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette centrale congolaise. INEAC et O.N. R. D. Sér.110. Bruxelles. 295 p. photos.

The effect of risk factors and etiology on the distribution of clinical cases with dermatomycoses

Kawther Mohammed Ali Hasan¹ and Majed Kadhum Aboud Al-Shibli²

¹College of Science for Girls, Babylon University, Hilla, Iraq

²College of Education, Al-Qadisiya University, Al-Qadisiya, Iraq

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 common cases of skin infections are dermatophytoses which included different clinical types. Aim of this study was evaluated the effect of risk factors such as age, gender, residency, chronic diseases and existence of domestic animals. In addition to identification of dermatophytic species by direct microscopic examination and cultured on Sabouraud's Dextrose Agar (SDA). Shows through the results that have been reached for clinical samples to 91 sample (46.66%) out of 195 samples were positive by direct microscopic examination, while the number of positive samples in culture 132 sample (67.69%). Tinea corporis was the most common (43.07%) of dermatophytoses, formed all kinds of Tinea exception of Tinea capitis ratio infected in females higher than in males. Also, all kinds of Tinea given a larger proportion of the infection of patients who live in rural areas from who live in urban areas. The highest rate of Tinea were in the age group 31-40 years. That most of the pathological cases of dermatophytoses associated with lack of chronic diseases of the 195 cases only 26 (13.33%) were infected with chronic diseases. The dominant species of fungus isolated was *E. floccosum* (34.84%).

KEYWORDS: Clinical samples, Dermatophytoses, Tinea, Risk factors, Direct microscopic examination.

INTRODUCTION

Dermatomycoses were the common human diseases in which increased significantly in recent years, however that these diseases are not life threatening, but they are among the most prevalent diseases in the world and that cost millions of dollars to treat, According to Gräser *et al.*, (2008) that more than 500 million dollars annually is spent worldwide for drugs targeted against dermatophytoses, while some sources pointed out that in the United States alone, about more than 400 million dollars spent annually to treat dermatophytoses (Gaedigk *et al.* 2003; Jackson *et al.*,2006; White & Henn, 2007; Achterman and White, 2012). And therefore cause economic and public health problems together (Mirzahoseini *et al.*, 2009).

Although dermatophytoses is a nonfatal condition and not life threatening, this may have significant clinical consequences such as secondary bacterial infection, chronicity, disfigurement and therapeutic difficulties often necessitating long-term treatment, in addition to serving as a reservoir of infection especially oncomycosis (Malik *et al.*, 2009; Yamaguchi *et al.*,2009).

Although the penetration of tissue by the dermatophytes is usually quite superficial, adsorption of products from the fungi such as proteases leads to sensitization of the host, an event that is manifested by specific delayed hypersensitivity and other sorts of allergic responses especially zoophilic and geophilic dermatophytes are responsible for quite severe inflammatory reactions (Howard *et al.*, 2003; Zuzarte *et al.*, 2011).

The diseases caused by anthropophilic dermatophytes are commonly mild, while those caused by zoophilic dermatophytes are mostly severe and more inflammatory (Refai *et al.*,2013). These diseases can appear in different anatomical

areas of the body, so are classified according to the body areas that are affected such as Tinea capitis, Tinea corporis, Tinea cruris, Tinea pedis, Tinea unguium, Tinea faciei and others (Nejad *et al.*, 2007).

The aim of our study was to evaluate the risk factors and etiology effected on the dermatophytoses in clinical cases based on assess the prevalence of age and gender, the site of lesion, residency, existence of domestic animals and presence of chronic disease.

MATERIAL AND METHODS

SAMPLES COLLECTION

A total of 195 specimens were collected from patients with dermatophytoses which including 60/195 (30.76%) specimens from male and 135/195 (69.23) specimens from female who clinically diagnosed by dermatologist. There are three types of specimens as follow: 20(10.25%) nails clips, 23(11.79%) hair fragment and 152(77.94%) skin scraps. The characteristics of the patient such as age, gender, the site of lesion, residency, existence of domestic animals and presence of chronic disease were collected in advance forms.

DIRECT EXAMINATION AND CULTURE TEST

For direct microscopic examination, specimens were mounted in 10% potassium hydroxide (KOH), for identification of dermatophytes were cultured on Sabouraud's Dextrose agar (SDA) with chloramphenicol and cycloheximide and cultured at 26°C for up to 4 weeks. The identification of fungal agents were based on macro- and micromorphological characteristics. In addition, fungal identification was confirmed by the in vitro hair perforation test, urease production in Christensen's medium and vitamin requirements in Trichophyton agar media (Kannan *et al.*, 2006).

Statistical analysis was performed by using the chi-square test to find the significant correlation at ($p < 0.05$) level .

RESULTS AND DISCUSSION

The results of routine examinations revealed that 78/195 (40%) specimens were positive in both direct examination (KOH) and culture, 54/195 (27.69%) specimens were positive in culture and negative in KOH, and 13/195 (6.66) specimens were negative in culture and positive in KOH, while the specimens of negative in both direct examination and culture were 50/195 (25.64) (Figure 1).

Our results of routine examinations were consistent with the results of other workers (Kannen *et al.*, 2006; Madhavi *et al.*, 2011), the negative result of direct examination or culture may be due to little of specimens volume or the patients previously treated with antibiotics or take specimen from center of lesion which acquired local immunity but must be taking from margin of lesion and others reasons (Miline,1996; Cortez *et al.*, 2012), also the low positivity in direct examination of Tinea unguium is because of nail specimen take long time to dissolve and fungal element may not release and high positivity in culture could be due to use of selective media which does not allowed contaminates to grow (Mathur *et al.*, 2012).

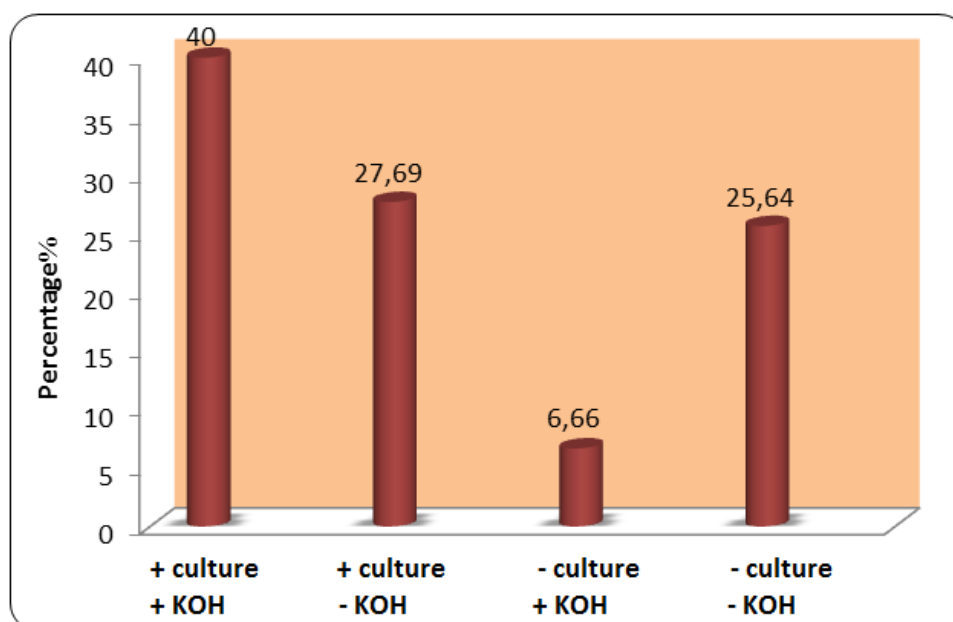


Figure (1): Infection percentage of the direct examination and culture results

In this study Tinea corporis is the most common clinical form of dermatophytoses (43.07%) followed by T. cruris (18.46%), T. capitis (11.76%), T. unguium (10.25%), T. faciei (8.71%), T. manum (4.61%) and T. pedis (3.07%) respectively (Figure 2). These results were consistent with the other studies (Ellabib & Khalifa, 2001; Mathur *et al.*, 2012; Prasad *et al.*, 2013) which showed that tinea corporis often have occupied the first place of dermatophytoses.

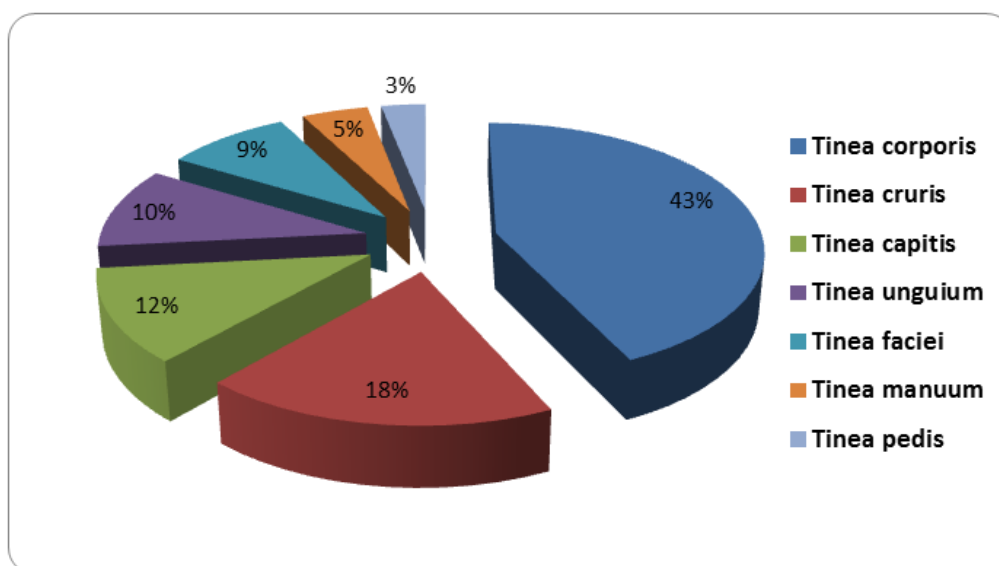


Figure (2): Percentage of clinical cases of dermatophytoses

According to the patients age it was found that statistically significant effect ($P < 0.05$) on the distribution of dermatophytoses, The results exhibited that the age 31-40 years had the highest frequency 50/195 (25.6%), while age group ≥ 60 years recorded the lowest frequency 2/195 (1.02%), the results was agreement with Pique *et al.* (2002) who found the highest frequency of dermatophytoses in age 30-40 years while the lowest frequency in age more than 70 years. The higher incidence in young males could be due to greater physical activity and increased sweating (Peerapur *et al.*, 2004). And the reason for less infection in higher ages can be justified as cellular immunity system perfection and the skin fatty acid augmentation (Nejad *et al.*, 2007).

Table (1): Distribution of dermatophytosis patients according to age

Clinical type	Age (year)							Total No.(%)
	≤ 10 (%)	11-20 (%)	21-30 (%)	31-40 (%)	41-50 (%)	51-60 (%)	≥ 60 (%)	
Tinea corporis	8 (4.1)	16 (8.2)	25 (12.8)	24 (12.3)	5 (2.56)	5 (2.56)	1 (0.51)	84 (43.07)
Tinea cruris	3 (1.53)	6 (3.07)	8 (4.1)	10 (5.12)	7 (3.58)	2 (1.02)	—	36 (18.46)
Tinea capitis	19 (9.74)	2 (1.02)	—	1 (0.51)	1 (0.51)	—	—	23 (11.79)
Tinea unguium	—	—	8 (4.1)	8 (4.1)	1 (0.51)	3 (1.53)	—	20 (10.25)
Tinea faciei	4 (2.04)	4 (2.04)	2 (1.02)	3 (1.53)	2 (1.02)	2 (1.02)	—	17 (8.71)
Tinea manuum	1 (0.51)	2 (1.02)	1 (0.51)	3 (1.53)	2 (1.02)	—	—	9 (4.61)
Tinea pedis	—	1 (0.51)	1 (0.51)	1 (0.51)	1 (0.51)	1 (0.51)	1 (0.51)	6 (3.07)
Total No.	35 (17.9)	31 (15.9)	45 (23.1)	50 (25.6)	19 (9.74)	13 (6.66)	2 (1.02)	195 (100)

The effect of risk factors on clinical types of dermatophytosis was found that statistically significant effect ($P < 0.05$) (Table 2), the gender relationship were that all types of Tinea exception Tinea capitis were female infection highest frequency from male infection while infection rate in Tinea capitis (9.23%) male and (2.56%) female. Patients with tinea corporis recorded the highest frequency (13.33%) males and (29.74%) females while the lowest frequency in male was of Tinea unguium (0.51%) and in female was of Tinea pedis (2.05%), usually males infected with Tinea capitis more than females because of hormones that are play a role in increase, or may be the reason due to attributed to the easy implantation of spores because of short hair and frequency of sharing comb, brushes, and cups (Woldeamanuel *et al.*, 2005; Ilkit and Demirhindi, 2008; Younes *et al.*; 2012).

The influence of residence on distribution of dermatophytosis showed that 57.94% patients was from rural area while 42.05% patients was from urban area, in addition, all types of tinea were highest frequency in rural area exception tinea cruris was more prevalent in urban area (11.79%) compared with rural area (6.66%), the reason for elevation rural area infection may be its poor socioeconomic environmental that due to increase of infectious diseases especially among children (Inanir *et al.*, 2002).

Often of cases were not suffering from any chronic disease (86.6%) compared with cases that suffering from chronic disease (13.3%). Tinea corporis recorded the highest frequency including 6.15% cases with chronic disease followed by Tinea cruris while all of Tinea faciei and tinea manuum without chronic disease. This results refer to the disease with dermatophytes infected both immunocompetent or immunocompromised patients. Almost affect 10-20% of the world's population and it is possible to infect immunocompetent hosts, in many cases, the treatment methods are very difficult, or may re-infection after recovery (Recurrent) (Grumbt *et al.* 2011). In patients with diabetes, hyperglycaemia itself has been shown to decrease phagocytic activity further, thus dermatophytes infections (Bristow & Mak, 2009).

The patients in contact with domestic animals were 73.8% of cases while that no contact with domestic animals were 26.2%, Tinea corporis recorded the highest frequency including 31.8% cases with existence of domestic animals and 11.2% cases with absent of domestic animals. These results were consistent with Ayesh (2013) when he studied dermatophytosis in Gaza, Palestine. Increase of dermatophytes infections in Tinea unguium may be because majority of people are farmer by occupation and there are more chances of transmission of geophilic and zoophilic species (Mathur *et al.*, 2012).

Table (2): Relationship between clinical type of dermatophytosis with risk factors

Clinical type	Gender (%)		Residency (%)		Chronic disease (%)		Domestic animals(%)		Total No. (%)
	Male	Female	Rural	Urban	+	-	+	-	
Tinea corporis	26 (13.33)	58 (29.74)	44 (22.56)	40 (20.51)	12 (6.15)	72 (36.9)	62 (31.8)	22 (11.2)	84 (43.07)
Tinea cruris	5 (2.56)	31 (15.89)	13 (6.66)	23 (11.79)	5 (2.56)	31 (15.9)	20 (10.2)	16 (8.2)	36 (18.46)
Tinea capitis	18 (9.23)	(2.56) 5	13 (6.66)	10 (5.12)	3 (1.53)	20 (10.2)	20 (10.2)	3 (1.53)	23 (11.79)
Tinea unguium	1 (0.51)	(9.74) 19	13 (6.66)	(3.58) 7	4 (2.04)	16 (8.20)	15 (7.69)	5 (2.56)	20 (10.25)
Tinea faciei	5 (2.56)	(6.15) 12	17 (8.71)	—	—	17 (8.71)	15 (7.69)	2 (1.02)	17 (8.71)
Tinea manuum	3 (1.53)	(3.07) 6	(4.61) 9	—	—	9 (4.61)	9 (4.61)	—	9 (4.61)
Tinea pedis	2 (1.02)	(2.05) 4	(2.05) 4	(1.02) 2	2 (1.02)	4 (2.04)	3 (1.53)	3 (1.53)	6 (3.07)
Total No.	60 (30.76)	135 (69.23)	113 (57.94)	82 (42.05)	26 (13.3)	169 (86.6)	144 (73.8)	51 (26.2)	195 (100)

Twelve of dermatophytes species were identified in specimens of examined patients, *E. floccosum* 46(34.8%) showed the highest frequency followed by *T. interdigitale* 19(14.4%) and *T. mentagrophytes* 18(13.6%) respectively (Table 3). *E. floccosum* was found to be predominant species in all types of Tinea cases exception Tinea capitis. These results were consistent with the other studies (Jha *et al.*, 2012; Abastabar *et al.*, 2013; Prasad *et al.*, 2013).

Table (3): Distribution of dermatophytosis according to fungal isolates.

Fungal isolates	Tinea corpoi	Tinea cruris	Tinea capitis	Tinea unguium	Tinea faciei	Tinea manum	Tinea pedis	Total No. (%)
<i>E. floccosum</i>	21	18	—	3	1	2	1	46 (34.8)
<i>M. audouinii</i>	2	—	—	—	—	—	—	2 (1.51)
<i>M. canis</i>	8	—	2	—	2	—	—	12 (9.09)
<i>T. equinum</i>	2	1	—	—	—	—	—	3 (2.27)
<i>T. interdigitale</i>	10	3	3	—	1	2	—	19 (14.4)
<i>T. mentagrophytes</i>	8	5	—	—	4	1	—	18 (13.6)
<i>T. rubrum</i>	2	1	2	—	—	—	2	7 (5.3)
<i>T. schoenleinii</i>	1	1	—	—	—	—	—	2 (1.51)
<i>T. soudanense</i>	2	—	—	—	—	—	—	2 (1.51)
<i>T. tonsurans</i>	—	—	2	—	—	—	—	2 (1.51)
<i>T. verrucosum</i>	7	—	3	—	2	—	—	12 (9.09)
<i>T. violaceum</i>	4	1	2	—	—	—	—	7 (5.3)
Total No.	67	30	14	3	10	5	3	132 (100)

REFERENCES

- [1] **Abastabar, M.; Rezaei-Matehkolaei, A.; Shidfar, M.R. & *et al.*, (2013).** A molecular epidemiological survey of clinically important dermatophytes in Iran based on specific RFLP profiles of *betatubulingene*. *Iranian J Publ Health*, 42(9):1049-1057.
- [2] **Achterman, R.R. and White, T.C. (2012).** Dermatophyte virulence factors: identifying and analyzing genes that may contribute to chronic or acute skin infections. *International J. Microbio.*, V(2012):1-8.
- [3] **Ayesh, E.K. (2013).** Improving the Diagnosis of Dermatophytes in Gaza Strip by using Nested PCR. A thesis of M.S., Islamic Uni. of Gaza.

- [4] **Bristow, I & Mak, M. (2009).** Fungal foot infection: the hidden enemy? *Wound UK* 5(4):72-78.
- [5] **Cortez, A.A.; de Souza, J.V.B.; Sadahiro, A. & de Oliveira, J.A.A. (2012).** Frequency and aetiology of dermatophytosis in children age 12 and under in the state of Amazonas, Brazil . *Revista Iberoamericana de Micologia* 29(4): 223-226.
- [6] **Ellabib, M.S.; Agaj, M.; Khalifa, Z. & Kavanagh, K. (2002).** *Trichophyton violaceum* is the dominant cause of tinea capitis in children in Tripoli, Libya: results of a two year survey. *Mycopathologia* 153:145–147.
- [7] **Gaedigk, A.; Gaedigk, R. & Abdel-Rahman, S.M.(2003).** Genetic Heterogeneity in the rRNA Gene Locus of *Trichophyton tonsurans*. *J. Clin. Microbio.*, 41(12): 5478–5487.
- [8] **Gräser, Y.; Scott, J. & Summerbell, R.(2008).**The new species concept in dermatophytes - a Polyphasic approach. *Mycopathologia* V(2008):1-18.
- [9] **Grumbt, M.; Monod, M. & Staib, P. (2011).** Genetic advances in dermatophytes. *FEMS Microbiology Letters* 320:79-86.
- [10] **Howard, D.H.; Weitzman, I. & Padhye, A.A. (2003).** Onygenales: Arthrodermataceae. In: *Pathogenic fungi in humans and animals*. Marcel Dekker, Inc. New York, second edition, 790 pp.
- [11] **Ilkit, M. & Demirhindi, H. (2008).** Asymptomatic dermatophyte scalp carriage: laboratory diagnosis, epidemiology and management. *Mycopathologia*, 165:61-71.
- [12] **Inanir, I.; Sahin, M.T.; Gunduz, K.; Dinç, G.; Turel, A. & Ozturkcan, S. (2002).** Prevalence of skin conditions in primary school children in Turkey: differences based on socioeconomic factors. *Pediatric Dermatology*, 19(9): 307-311.
- [13] **Jackson, C.J.; Mochizuki, T. & Barton, R.C.(2006).** PCR fingerprinting of *Trichophyton mentagrophytes* var. *interdigitale* using polymorphic subrepeat loci in the rDNA nontranscribed spacer. *Journal of Medical Microbiology*, 55: 1349–1355.
- [14] **Jha, B.K.; Murthy, S.M. & Devi, N.L. (2012).** Molecular identification of dermatophytosis by polymerase chain reaction (PCR) and detection of source of infection by restricted fragment length polymorphism (RFLP). *J. College of Medical Sciences- Nepal*, 8(4):7-15.
- [15] **Kannan, P.; Janaki, C. & Selvi, G.S. (2006).** Prevalence of dermatophytes and other fungal agents isolated from clinical samples. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 24 (3):212-215.
- [16] **Madhavi, S.; Rama, M.V. & Jyothsna, K. (2011).** Mycological study of Dermatophytosis in rural population. *Annals of Biological Research*, 2(3):88-93
- [17] **Malik, N.A.; Raza, N. & Nasiruddin (2009).** Non-dermatophyte moulds and yeasts as causative agents in onychomycosis. *Journal of Pakistan Association of Dermatologists*, 19: 74-78.
- [18] **Mathur, M.; Kedia, S.K. & Ghimire, R.B.K. (2012).** Epizoonosis of Dermatophytosis: A Clinico - Mycological Study of Dermatophytic Infections in Central Nepal. *Kathmandu Univ Med J* 2012;37(1):30-3.
- [19] **Milne, L.J.R. (1996).** *Fungi In: Practical Medical Microbiology*. 14th edn, New York: Churchill Livingstone. pp 695–720.
- [20] **Mirzahoseini, H.; Omidinia, E.; Shams-Ghahfarokhi, M.; Sadeghi, G. & Razzaghi-Abyaneh, M. (2009).** Application of PCR-RFLP to Rapid Identification of the Main Pathogenic Dermatophytes from Clinical Specimens. *Iranian J. Publ Health*, 38(1) :18-24.
- [21] **Nejad, S.B.; Khodaeiani, E. & Amirnia, M. (2007).** A study of dermatophytosis infections in dermatology clinic of Sina hospital – Tabriz. *Ege Tıp Dergisi* 46(1) : 21 – 25.
- [22] **Peerapur, B.V.; Inamdar, A.C.; Pushpa, P.V. & Srikant, B. (2004).** Clinicomycological study of dermatophytosis in Bijapur. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 22 (4):273-274.
- [23] **Prasad, N.; Mahapatra, A. & Chayani, N. (2013).** Changing trends in the fungal isolates from clinical specimens of suspected superficial mycosis. *Indian Medical Gazette*, 60-62.
- [24] **Refai, M.; Heidy, A.E.; and Mahmoud, E. (2013).** Monograph on dermatophytes. Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Cairo University. 75 pp.
- [25] **White, T. & Henn, M. (2007).** Genomic Determinants of Infection Competence in Dermatophyte Fungi. *Dermatophyte Genome Steering Committee*. 12 pp.
- [26] **Woldeamanuel, Y.; Leekassa, R.; Chryssanthou, E.; Menghistu, Y. & Petrini, B. (2005).** Prevalence of tinea capitis in Ethiopian school children. *Mycoses*, 48: 137-41.
- [27] **Yamaguchi, M.U.; Silva, A.P.; Ueda-Nakamura, T.; Filho, B.P.; Silva, C.C. & Nakamura, C.V. (2009).** Effects of a Thiosemicarbazide Camphene Derivative on *Trichophyton mentagrophytes*. *Molecules*, 14: 1796-1807.
- [28] **Younes, A.K.H.; Mohamed, E.E.M.; Tawfik, K.M. and Ezzat, A.A. (2012).** Tinea capitis in Assiut (Egypt). *AAMJ* 10(1): 45-54.
- [29] **Zuzarte, M.; Gonçalves, M.J.; Canhoto, J. and Salgueiro, L. (2011).** Antidermatophytic activity of essential oils. *FORMA TEX* : 1167- 1178.

Evaluation qualitative du programme de l'éducation pour la santé dans les établissements scolaires marocains

[Qualitative evaluation of the education program for health in Moroccan schools]

Noureddine Eloutassi¹, AbdelHadi Hammi¹, Abdelali Arbia¹, Mohammed Yazidi², Majda Louasté³, Latifa Boudine⁴, and Bouchra Louasté⁴

¹Laboratoire des Sciences de la vie,
Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation/CRMEF/BP 49/30000/VN,
Fès, Maroc

²Laboratoire des Sciences de la terre,
Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation,
Marrakech, Maroc

³Laboratoire Esthétiques et Sciences de l'homme,
Université sidi Mohammed Ben Abdellah/Faculté des Lettres et des Sciences Humaines,
Fès, Maroc

⁴Laboratoire de Biotechnologie,
Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des sciences,
Fès, 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 main objective of this study is to qualitatively evaluate the degree of implementation of actions and educational activities for health facilities in the Fès-Boulemane region, Morocco; and an analysis of contextual factors facilitating or hindering the implementation process. The target population is represented by officials of the Department of Education and professional managers and operational health. Data were collected through direct observation, document analysis and semi-structured interviews. According to this study, we noticed an insufficient degree of implementation with a large gap between what was planned and what is actually implemented. The major factors facilitating this action are; voluntarism, the experience of some actors and the availability of teaching materials. However, the main factors holding, an absence of dynamic steering, an ill-defined partnership, insufficient communication, an absence of ongoing training and a shortage of human resources unequally distributed. In conclusion, the key to success of such intervention is effective coordination and collaboration between different stakeholders. Hence the need to set up coordinating committees and monitoring at regional and national level in order to strengthen the management of the program and establish a continuing education action plan for all personnel concerned.

KEYWORDS: Qualitative evaluation, education for health, degree of implementation, schools.

RÉSUMÉ: L'objectif principal de cette étude, est d'évaluer qualitativement le degré de mise en œuvre des actions et des activités d'éducation pour la santé dans les établissements scolaires de la région Fès-Boulmane, Maroc. Ainsi, qu'une analyse des facteurs contextuels facilitant ou entravant ce processus de mise en œuvre. La population cible est représentée par les responsables des départements de l'éducation nationale et de la santé. Les données ont été collectées par l'observation

directe, l'analyse documentaire et les entretiens semi directifs. Nous avons remarqué un degré insuffisant de mise en œuvre avec un écart important entre ce qui a été planifié et ce qui est réellement implanté. Les principaux facteurs facilitant cette action sont; le volontarisme, l'expérience de certains acteurs et la disponibilité du matériel didactique. Par contre, les principaux facteurs freinant cette action sont ; une absence de pilotage dynamique, un partenariat mal défini, une communication insuffisante, une absence de formation continue et une pénurie des ressources humaines inégalement réparti. En conclusion, la clé de réussite d'une telle intervention est la coordination et la collaboration efficaces entre les différents acteurs concernés. D'où la nécessité de mettre en place les comités de coordination et de suivi au niveau national et régional, afin de renforcer le pilotage du programme et d'établir un plan d'action de formation continue pour l'ensemble des personnels concernés.

MOTS-CLEFS: Evaluation qualitative, éducation à la santé, degré de mise en œuvre, milieu scolaire.

1 INTRODUCTION

En 2013, plus de 7 millions d'élèves et d'étudiants ont poursuivi leurs études au niveau des 39 000 établissements scolaires et universitaires marocains [1], [2]. Cette population se caractérise par sa vulnérabilité vis à vis des comportements à risque (tabagisme, toxicomanie, infections sexuellement transmissibles etc.) qui se répercutent sur la santé générale des jeunes et sur leur avenir social et éducatif. De ce fait le Maroc a développé, et depuis plusieurs décennies, de nombreuses actions en faveur de cette population dans le but de préserver et promouvoir son état de santé d'une part et de contribuer à améliorer les conditions d'apprentissage d'autre part [3].

En 2011, le Maroc a révisé sa stratégie nationale de santé scolaire et universitaire pour remédier la situation alarmante en adoptant une approche intégrée fondée sur la collaboration des différents acteurs concernés [4], [5], [6]. Il a mis l'accent sur la promotion du mode de vie sain, la qualité de prise en charge, l'amélioration de la couverture sanitaire au niveau des établissements et le renforcement du partenariat.

Dans cette étude, l'ensemble des actions et des activités sur l'éducation pour la santé décrite en 2011 sont étudiées. De plus, les objectifs spécifiques de l'étude étant d'évaluer le degré de mise en œuvre de ces activités sur le terrain par les responsables du Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle (MENFP) et le Ministère de la Santé (MS) ; de leur dresser un état des lieux et de répertorier les facteurs contextuels facilitant ou entravant leur implantation et enfin de proposer quelques recommandations et certaines pistes d'améliorations.

1.1 CONCEPT D'ÉDUCATION POUR LA SANTÉ

La promotion de la santé est une approche adoptée en 1984 et formalisée en 1986 par la Première Conférence Internationale pour la Promotion de la Santé (CIPS) réunie à Ontario, Canada [7]. Ainsi, cette approche a été définie comme le "processus qui confère aux populations les moyens d'assurer un plus grand contrôle sur leur propre santé et d'améliorer celle-ci pour parvenir à un état de bien-être physique, mental et social".

Broussouloux et Houzelle [8] ont rapporté que l'éducation à la santé " vise à aider les personnes à se construire une image positive d'elles-mêmes et de leur santé afin d'éviter les comportements présentant un risque. Elle repose sur des méthodes et techniques qui permettent d'apporter l'information à l'individu sous une forme qui soit appropriable, sans le stigmatiser ni le culpabiliser ". Au Maroc, la division de la santé scolaire et universitaire a défini l'éducation pour la santé comme l'ensemble des activités d'information, d'éducation et de communication qui incitent les gens à vouloir être en bonne santé, à savoir comment y parvenir, à faire ce qu'ils peuvent, individuellement et collectivement pour conserver la santé et à recourir à une aide en cas de besoin. Généralement, l'éducation à la santé dans les écoles " vise à aider chaque jeune à s'approprier progressivement les moyens d'opérer des choix, d'adopter des comportements responsables, pour lui-même comme vis-à-vis d'autrui et de l'environnement. Elle permet ainsi de préparer les jeunes à exercer leur citoyenneté avec responsabilité, dans une société où les questions de santé constituent une préoccupation majeure. Ni simple discours sur la santé, ni seulement apport d'informations, elle a pour objectif le développement de compétences " [8], [9].

1.2 HISTORIQUE DU PROGRAMME AU MAROC

Au Maroc, selon le ministère de la Santé [4], [5], [9] la couverture sanitaire de la population scolaire et universitaire est passée par plusieurs étapes dont les principales sont les suivantes :

- 1926: Prestations d'hygiène scolaire étaient fournies uniquement aux enfants de colons contre les épidémies ;
- 1962: Intégration des activités d'hygiène et création du service central d'Hygiène Scolaire et Universitaire (HSU) ;
- 1971: Diffusion du premier circulaire fixant les directives d'HS ;
- 1987: Relance des activités d'HS et naissance du Programme National de Santé Scolaire et Universitaire (PNSSU) ;
- 1994: Création de la Division de la Santé Scolaire et Universitaire (DSSU);
- 2003: Révision du PNSSU avec la participation de plusieurs intervenants, avec de nouvelles préoccupations et renforcement d'Information et d'Education pour la Santé (IEC) ;
- 2009 : Programme national de la santé scolaire et universitaire ;
- 2011 : Stratégie Nationale de Santé Scolaire et Universitaire (SNSSU) ;
- 2012 : Nouveau programme de la SNSSU.

1.3 STRATÉGIE NATIONALE DE SANTÉ SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE (SNSSU)

Dans le cadre de la consolidation des acquis du programme national de santé scolaire et universitaire et pour le but de renforcer la coordination avec les différents partenaires en tenant compte des nouveaux besoins des jeunes, le Maroc a élaboré et adopté en 2011 de nouvelles stratégies nationales de santé scolaire. Ces dernières, sont le fruit d'une analyse approfondie de la situation épidémiologique de la population scolaire et universitaire, et de celle des jeunes en général. Elles ont été formulées en concertation avec les différents partenaires et s'appuient sur les différentes interventions développées par le Ministère de la Santé. Elles reposent sur une approche multisectorielle, globale et intégrée [3], [6].

La santé scolaire et universitaire ne doit pas être considérée simplement comme une médecine de dépistage centrée sur l'élève et l'étudiant mais plutôt comme une politique transversale de santé et d'éducation au service de la réussite scolaire, du bien-être. Les principaux objectifs de cette nouvelle stratégie nationale ont été commandés comme suit :

- Adopter une approche intégrée fondée sur la collaboration conditionne le succès des interventions en milieu scolaire ;
- Promouvoir la santé des jeunes afin de leur assurer un meilleur développement physique et mental ;
- Promouvoir le mode de vie sain en milieu scolaire et universitaire ;
- Impliquer les parents d'élèves et de mobiliser la communauté autour de la santé et de la sécurité en milieu scolaire ;
- Renforcer la collaboration et le partenariat avec tous les intervenants ;
- Partager l'information entre les partenaires directement impliqués en vue d'une prise de décision éclairée ;

Nous avons résumé les principaux axes qu'ont été adoptés par le Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle (MENFP) et le Ministère de la Santé (MS) dans la nouvelle stratégie de 2011 et le nouveau programme de 2012 [3], [6]. Ce rappel a été exploité postérieurement pour comparer ce qui a été planifié pour l'éducation à la santé et ce qui a été réalisé réellement au niveau du terrain.

Tableau 1. Développement du cadre organisationnel et partenarial

Résultats attendus	Actions
1 : Domaines de coopération prioritaires identifiés et réglementés. 2 : Engagement, adhésion des partenaires assurés. 3 : Coopération effective et renforcée entre les départements ministériels concernés, au niveau central, régional, provincial, local, ainsi qu'avec les associations (parents d'élèves, etc.)	- Identification des domaines prioritaires de coopération avec chaque département et intervenant - Etablissement d'une réglementation des domaines identifiés - Mobilisation des acteurs associatifs - Conclusion de conventions de partenariats opérationnels - Production de procédures - Mise en place d'organes de coordination au niveau national, régional et local - Elaboration de circulaires conjointes

Tableau 2. Renforcement des actions de prévention, d'éducation à la santé, de dépistage des maladies

Résultats attendus	Actions
1. Amélioration des connaissances et des compétences des élèves et des étudiants en matière de santé et de mode de vie sain	- Insertion de modules d'information en matière de santé et de mode de vie sain au niveau du curricula adapté pour chaque niveau - Renforcement de la composante santé au niveau des clubs scolaires -Institutionnalisation de la célébration de toutes les journées nationales et internationales de la santé - Renforcement du rôle des espaces santé Jeunes dans l'éducation à la santé - Élaboration et diffusion de supports éducatifs

Tableau 3. Renforcement des compétences des différents intervenants impliqués dans la santé scolaire et universitaire

Résultats attendus	Actions
1 : Le personnel des départements ministériels concernés, à tous les niveaux, sont formés/informés des problématiques de santé et d'éducation, des programmes mis en œuvre, des méthodes à utiliser en vue d'améliorer la réussite, le bien-être et la santé des élèves et des étudiants...	- Elaboration de modules d'éducation à la santé physique, mentale et sociale des enfants et des jeunes - Dispensation de la formation auprès des intervenants en matière de santé scolaire - Développement d'un plan d'action de formation continue commune aux différents intervenants dans le domaine de la SSU

Tableau 4. Renforcement de l'évaluation, des études et de la recherche

Résultats attendus	Actions
1 : Suivi périodique et régulier des activités du programme de SSU assuré à tous les niveaux 2 : Partenaires informés et décisions à entreprendre éclairées 3 : Données épidémiologiques et comportementales relatives à la santé des jeunes disponibles et mises à jour	- Révision et allègement du système Informatique actuel du programme - Développement d'une base de données informatisée sur la santé scolaire et universitaire - Production et diffusion d'un rapport annuel sur l'état de santé de la population scolaire et universitaire - Planification et développement de recherches spécifiques sur les nouveaux problèmes de santé - Intégration de la SSU dans les travaux de recherche des universités et des instituts

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 INTRODUCTION

Nous avons analysé l'implantation du programme de l'éducation pour la santé dans les établissements scolaires par les responsables du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle (MENFP) et le Ministère de la Santé (MS). Cette étude a été réalisée d'une façon qualitative et évaluative, autour de cas multiples avec des niveaux d'analyses imbriqués. Les méthodes appropriées sont principalement les études de cas [10]. Ainsi, la présente investigation vise essentiellement à décrire l'état des lieux de l'adoption et l'implantation des activités liés à l'éducation à la santé au niveau des collèges et des lycées du secteur public en référence à ce qui a été planifié par les départements gouvernementaux concernés et identifier et analyser les facteurs susceptibles d'influencer ces opérations.

2.2 FACTEURS ÉTUDIÉS

Dans ce travail, nous avons cherché les facteurs contextuels qui ont facilité ou entravé ce processus complexe d'implantation. Sachant que l'implantation de nouveau programme a nécessité l'intervention de plusieurs acteurs différents, à des niveaux de responsabilité différents et de plusieurs départements ministériels et entre deux ministères marocains [3]. Pour pouvoir déterminer ces facteurs explicatifs, nous avons procédé aux différents modèles théoriques [11], [12], [13]. La figure 1 résume les réflexions sur les facteurs impliqués dans le degré de mise en œuvre de ce programme.

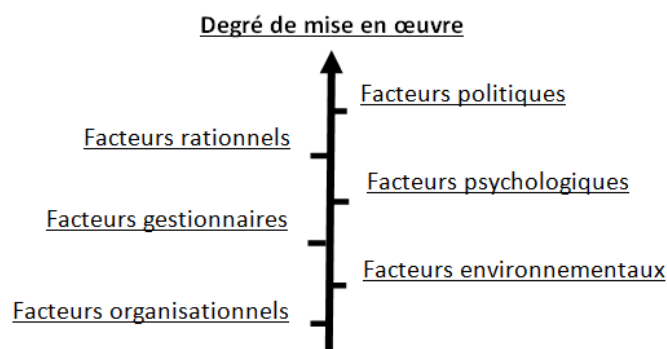


Fig. 1. Degré de mise en œuvre selon le modèle de réflexions sur les facteurs impliqués

Les facteurs étudiés ont été subdivisés ainsi, en des dimensions et des niveaux différents comme suit :

- Facteurs organisationnels : formalisation, collaboration, supervision, coordination et communication ;
- Facteurs environnementaux : partenariat avec la société civile, associations des parents d'élèves, urbanisation... ;
- Facteurs liés aux gestionnaires : leadership, style de gestion, innovation, formation, compétences en communication ;
- Facteurs psychologiques : motivation, implication, attitudes ;
- Facteurs rationnels : qualité de la planification, suivi et contrôle des chefs hiérarchiques ;
- Facteurs politiques : syndicats, responsables du MS et du MENFP et responsables locaux.

2.3 ECHANTILLONNAGE ET POPULATION CIBLE

Cette étude a été menée au niveau des établissements scolaires publics prospectés entre 2013 et 2014 appartiennent à la région de Fès-Boulmane (RFB). Le choix de cette région était à cause de la faisabilité de l'étude par les professeurs stagiaires de la CRMEF de Fès qui se sont chargés à réaliser des enquêtes et collecter des informations et des données. Les échantillons étudiés couvrent les deux milieux urbain et rural et ils appartiennent à deux populations différentes :

Fonctionnaires du MENFP. Ce sont les directeurs des établissements scolaires, les responsables des Bureaux de Santé Scolaire et Sécurité Humanitaire (BSSSH) aux délégations du Ministère de L'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle (MENFP) et son académie régionale de Fès-Boulmane. Les entretiens ont été menés avec 12 intervenants dont les 6 responsables des BSSSH, ainsi que 5 directeurs d'établissements et un recteur (Tableau 5).

Tableau 5. Etablissements et bureaux de santé scolaire et sécurité humanitaire visités et les professionnels du MEN interrogés

Académie régionale Fès-Boulmane	Etablissement	Action et Poste de travail
Délégation de Fès	Unité de santé scolaire, BSSSH, Collège AlQods, Lycée Iben Zaydoun, Collège Ain Haron	Cadre administratif, Chef de l'unité, Chef du bureau, Visite, Directeur ou Recteur
Délégation de Sefrou	Unité de santé scolaire, BSSSH, Lycée Aïn Cheguag	Cadre administratif, Chef du bureau, Visite, Directeur
Délégation de Boulmane	Unité de santé scolaire, BSSSH, Lycée Boulmane, Lycée Charif Alidrissi	Cadre administratif, Chef du bureau, Visite, Directeur

Fonctionnaires du MS : les professionnels de santé (PS), les gestionnaires du programme au niveau des Services d'Infrastructures et des Activités Ambulatoires Provincial (SIAAP), au niveau de la Direction Régionale de la Santé (DRS) et de

la Direction de la Population (DP), les PS intervenants au niveau des centres de santé (CS) et le Centre Hospitalier Universitaire de Fès (CHU- Fès). Le tableau 6 montre les différents acteurs et participants professionnels de santé interrogés.

Tableau 6. Etablissements visités et des professionnels de santé questionnés

Lieu	Etablissement	Poste de responsabilité
Fès (IbenAlkhateb, Dhar Lmehraz et CHU)	SIAAP et CS	3 Médecins Responsables provinciaux du programme. 6 infirmières animatrices. 3 gestionnaires (chef de service ou responsable du PNSSU régional ou provincial)
Sefrou (centre de santé)	SIAAP et CS	1 Médecin Responsable provincial du programme. 1 infirmière animatrice. 2 gestionnaires (chef de service ou responsable du PNSSU régional ou provincial)
Boulmane (centre de santé)	SIAAP et CS	1 Médecin Responsable provincial du programme. 1 infirmière animatrice. 1 gestionnaire (chef de service ou responsable du PNSSU régional ou provincial)

2.4 COLLECTE ET ANALYSE DE DONNÉES

Les méthodes utilisées pour collecter et analyser les données sont groupées et montrées dans la figure suivante :

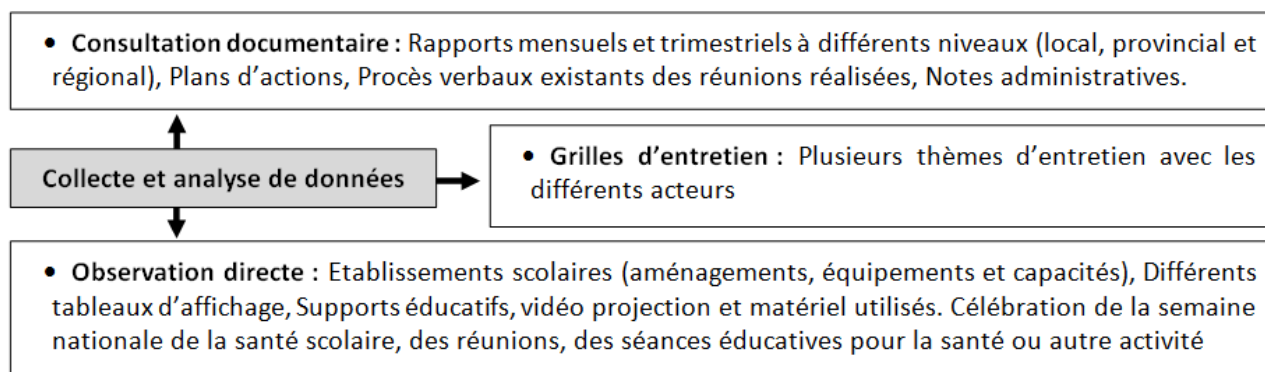


Fig. 2. Méthodes de collecte et d'analyse de données de l'étude

Les entretiens avec les Professionnels de Santé (responsables et opérateurs) ont été centrés sur :

- Les données générales du parcours professionnels du MENPF (la carte scolaire, le nombre d'établissements, le nombre d'élèves, le nombre d'enseignants, les clubs, les activités).
- Les données générales du parcours professionnel des médecins, des infirmiers, des représentants du PSS).
- Les ressources humaines, matérielles et financières (l'effectif, les qualifications, les répartitions, les motivations, les formations, les supports éducatifs, les moyens de la mobilité, les budgets et les indemnités).
- Les organisations et les missions des professionnels planifications, le plan d'action, les communications interne et externe, l'intégration des activités, l'équipe mobile, le déroulement des séances éducatives, le suivi, le système d'information.
- La coordination et le partenariat (les réunions, les conventions cadre, les relations avec les partenaires).
- Les recommandations d'amélioration et le besoins pour une meilleure implantation.

Les analyses effectuées (figure 3) sont verticales et transversales pour les facteurs étudiés et ils sont réalisés selon une approche repose sur une compréhension approfondie des données. Les résultats ont été interprétés et commentés en fonction des thèmes abordés. Le rôle des participants, leur droit de se retirer sans obligation ni pénalisation. Les mécanismes du respect de l'anonymat et de la confidentialité et le devenir des résultats générés à la fin de cette étude, sont clairement présentés aux participants afin d'obtenir leurs consentement libre et éclairé.

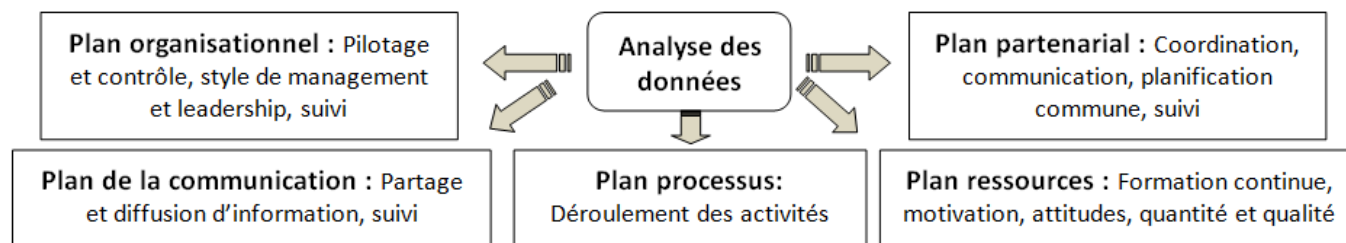


Fig. 3. Analyse des données sur plusieurs plans

3 RÉSULTATS

Les résultats se focalisent sur le degré de mise en œuvre du PNSS et les facteurs contextuels qui agissent sur leur implantation dans le système marocain de l'éducation. La figure suivante résume l'idée générale de cette étude.

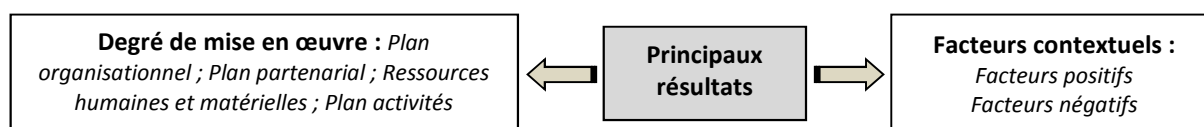


Fig. 4. Niveaux d'études qualitatives recherchés pour l'éducation à la santé

3.1 DEGRÉ DE MISE EN ŒUVRE

Les résultats de l'évaluation du degré de mise en œuvre du programme comme premier niveau de la présente étude a permis d'élaborer des constats selon différents plans. Il s'agit du plan organisationnel, plan partenarial et plan concernant les ressources et les activités.

3.1.1 3.1.1 PLAN ORGANISATIONNEL

Sur le plan organisationnel, les résultats montrent des degrés de mise en œuvre très variables présentés dans le tableau 7. Selon plusieurs critères ils sont soit positifs soit négatifs.

Tableau 7. Degré de mise en œuvre dans le système éducatif marocain d'après le plan organisationnel

	<i>Plan organisationnel</i>	
	<i>Résultats positifs</i>	<i>Résultats négatifs</i>
Niveau de l'Académie Régionale Fès-Boulmane	• L'Académie Régionale Fès-Boulmane dispose d'un responsable du bureau de BSSSH. • Les bureaux s'occupent des activités de la santé scolaire ; Visite Médicale Systématique (VMS), visite de classe par l'infirmier, séances d'information et éducation pour la santé, contrôle d'hygiène des établissements, aussi des assurances et accidents en milieu scolaire. • Le responsable du bureau central est expérimenté en classe et en gestion. • Les enseignants des sciences de la vie et de la terre (SVT) assurent volontairement la coordination des activités de l'éducation sanitaire au sein des clubs de santé. Ils sont assistés parfois par ceux de l'éducation féminine.	• L'absence du responsable du bureau central au niveau de délégation Sefrou et Boulmane, à Sefrou le poste est assuré par un cadre administratif. • Départ du médecin scolaire initialement recruté à l'académie. • Mauvaise gestion de temps opérationnel: le système est assuré soit par un seul médecin, soit par une seule infirmière pour assurer la VMS, les séances éducatives, la prise en charge des élèves référés par les directeurs des établissements scolaires en plus de la délivrance des certificats de dispense de l'exercice physique. Pour l'infirmière, elle assure de temps en temps des activités de soins.
Niveau des centres de santé	• La désignation assurée des médecins et des animateurs points focaux, régional et provinciaux, responsables du programme et aux circulaires ministérielles. • Les personnels sont expérimentés : médecins points focaux provinciaux (10 ans d'ancienneté au niveau des CS), trois animateurs sont tous des infirmiers diplômés d'état expérimentés et un seul nouveau.	• Le médecin responsable du programme n'est plus opérationnel depuis environ une année. Ses attributions sont provisoirement assurées par le médecin chef du SIAAP. • La majorité des points focaux assurent d'autres activités sociales • Le responsable régional ne dispose pas de bureau fixe pour assurer ses attributions.

3.1.2 PLAN PARTENARIAL

Dans cette partie d'étude, les résultats qualitatifs obtenus concernent l'état des lieux de la mise en place du comité de coordination entre plusieurs secteurs dans le domaine de la santé. Ainsi, la figure 5 exprime ces principaux résultats.

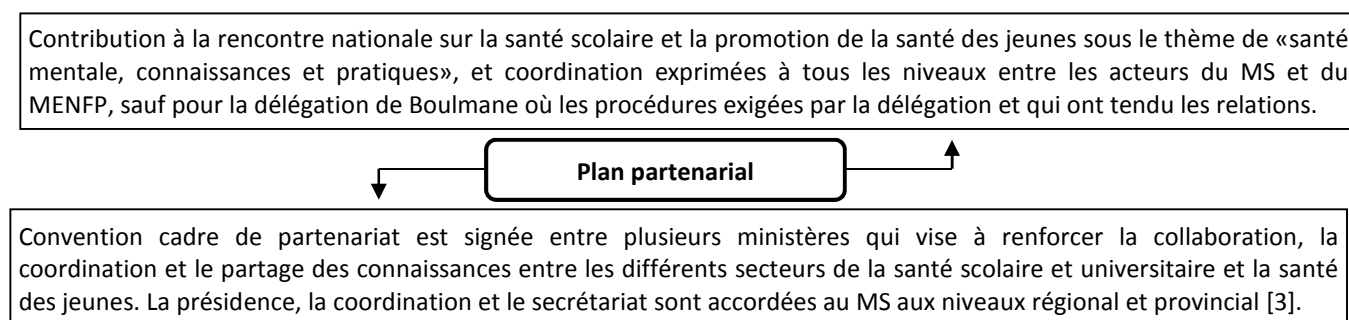


Fig. 5. Résultats qualitatifs sur le plan partenarial et la mise en place du comité de coordination

3.1.3 RESSOURCES HUMAINES ET MATÉRIELLES

Aussi, la détermination de degré de mise en œuvre a permis d'enregistrer de remarquables points sur le plan des ressources humaines et matérielles pour le PNSSU. Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 6.

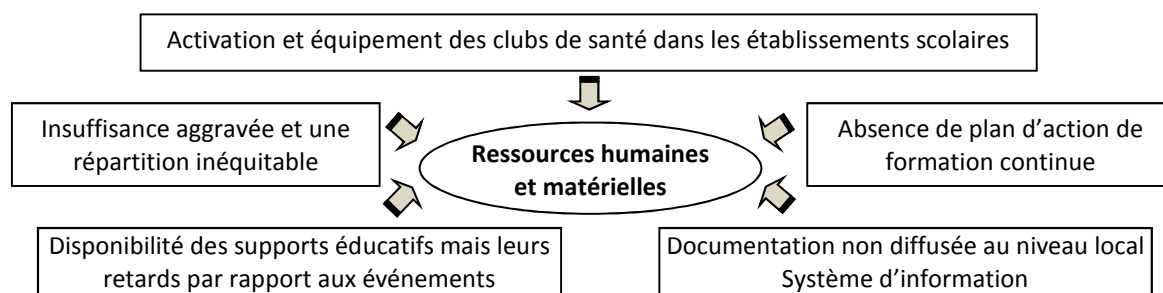


Fig. 6. Degré de mise en œuvre sur le plan des ressources humaines et matérielles

La répartition des professionnels de santé dans l'Académie Fès-Boulmane est inéquitable. Le tableau suivant présente cette répartition.

Tableau 8. Répartition inéquitable des professionnels de santé dans l'académie Fès-Boulmane

Délégation	Médecins de SSU	Infirmiers de SSU	Nb des élèves	Nb élèves / médecin de SSU	Nb élèves / infirmier de SSU
Fès medina	30	20	38567	1286	1929
Moulay Yakoub	34	22	42433	1249	1928
Sefrou	20	13	30123	1506	2318
Boulmane	12	8	22482	1874	2810

Aussi, les 20 professionnels de la santé entretenus ont tous noté l'absence de formation continue concernant le PNSSU pendant les deux dernières années et même les réunions de deux à 4 heures, qu'ils faisaient ne sont plus organisées. Les intervenants du MEN n'ont aussi bénéficié d'aucune formation continue ni de réunion à ce propos.

Au niveau de MENEf, nous avons assisté à la réunion de coordination de l'Académie Régionale de Fès-Boulmane avec la DRS. Cette réunion concerne la généralisation de l'activation des clubs de santé au niveau de tous les collèges et lycées de la région. Cependant, nous avons observé que presque tous les établissements scolaires ont activé (selon les nouvelles directions de la MS) son club de santé. De plus, aucun problème financier nous n'a été souligné pour l'aménagement des locaux et l'achat de matériel pour les clubs pédagogiques de santé car dans le cadre de programme d'urgence du MENEf. En effet, le budget ne pose plus problème, surtout avec l'appui des associations des parents d'élèves [14], [15].

Sur le plan de coordination entre le MS et le MENEf, nous avons constaté une faible distribution de l'information et de la diffusion des documents élaborés par la division de la santé scolaire au niveau de tous les intervenants opérationnels. Par contre, la communication est définie comme action de transmettre et de recevoir des informations. Aussi, nous avons remarqué un cloisonnement entre les deux départements concernant ce partage de documents.

3.1.4 PLAN ACTIVITES D'INFORMATION ET EDUCATION POUR LA SANTE (IES)

Dans cet axe, nous avons suivi les activités et les réunions de l'équipe mobile d'information, les séances éducatives et la célébration de quelques journées nationales et internationales dédiées à la santé

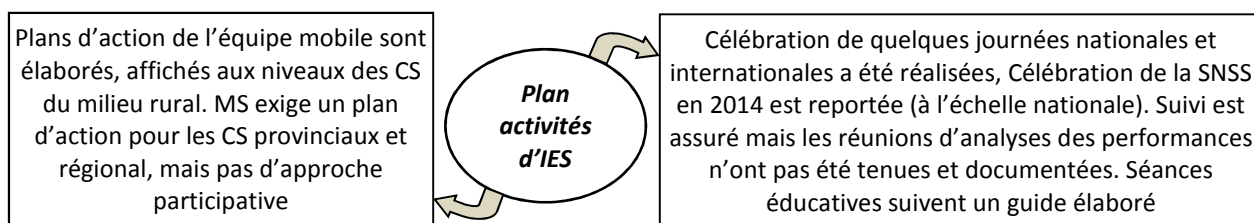


Fig. 7. Résultats qualitatifs sur le plan activités d'information et éducation pour la santé

Les séances éducatives dans les établissements scolaires visités ont été déroulées selon le guide élaboré par le programme du ministère de la santé. En pratique, elles sont réalisées lors de la Visite Médicale Systématique (VMS) pendant le passage au premier trimestre et une deuxième visite réalisée lors de la célébration de la Semaine Nationale de la Santé Scolaire (SNSS) ou certaines journées internationales. Les visites et les activités de l'équipe mobile pour les établissements du milieu rural n'ont remarquablement pas eu lieu comme il a été indiqué par les responsables des CS et les délégations de Sefrou et de Boulmane. En général, le nombre moyen de bénéficiaires était 2 classes par établissement (moyen de 75 élèves/établissement). Nous avons pu assister à une seule séance animée par le médecin qui a respecté le guide des activités programmées. En effet, l'équipe locale de santé scolaire assure des séances pour les élèves, surtout au premier trimestre ou lors de la SNSS.

La célébration de quelques journées nationales et internationales dédiées à la santé a été réalisée avec l'absence des PS, nous avons assisté à des journées consacrées au VIH/SIDA, tabac et drogue, tuberculose. Ce sont nos enseignants des Sciences de la Vie et de la Terre (enseignants stagiaires du centre régional des métiers de l'éducation et de la formation, CRMEF, promotion 2013-2014) qui l'ont célébrée dans les établissements de la délégation de Fès.

La Semaine Nationale de la Santé Scolaire (SNSS) a été réalisée en 2012 sous le thème «l'exercice physique, santé, prévention et réussite» et en avril 2013 sous le thème de santé buccodentaire, au niveau national. Mais en 2014, la SNSS a été annulée dans la région de Fès-Boulmane à cause des contraintes de logistique selon les responsables de la santé.

3.2 FACTEURS CONTEXTUELS

Après avoir entamé le degré de mise en œuvre, nous avons étudié les facteurs contextuels agissant sur l'implantation de programme de la santé. Ces facteurs se distinguent en des facteurs facilitant ou entravant l'implantation du programme. Les analyses des résultats sont proposées dans les paragraphes suivants.

Les facteurs contextuels positifs sont les facteurs facilitant la mise en œuvre des actions et des activités d'éducation pour la santé. Dans le tableau 9 nous avons examiné les principaux résultats qualitatifs sur la convention cadre de partenariat, sur le volontarisme noté de certains intervenants, sur l'expérience des points focaux et enfin sur la disponibilité des ressources et matérielles aux établissements scolaires.

Tableau 9. Facteurs contextuels facilitant l'implantation du programme pour la santé

Facteurs positifs	Principales remarques
Convention et partenariat	Les engagements sont devenus clairs de chaque département au niveau central et mise en place du comité opérationnel intersectoriel national.
Volontarisme des intervenants	La motivation personnelle est manifestée par la majorité des PS et des acteurs des des MENFP. Ce volontarisme est remarquable chez la plupart des médecins et infirmières responsables de la programmation pour la santé « plein temps » et des directeurs des établissements visités et aussi des professeurs de SVT et les responsables des clubs de la santé.
Expérience des points focaux	Les professionnels des points focaux et des centres de santé ont une expérience moyenne de 10 ans. La rigueur est le climat prédominant pour les responsables de ministère de l'éducation nationale et de la formation professionnelle. Les responsables de MENFP et MS exécutent et planifient en souplesse et flexibilité.
Disponibilité des matérielles	Etablissements scolaires équipées de matériel et de vidéo de projection et autres moyens nécessaires pour les activités parascolaires.

Comparativement à l'étude des facteurs facilitant la mise en œuvre des actions et des activités pour la santé, nous avons aussi cherché dans ce qui suit les facteurs entravant cette programmation. Les principaux résultats ont été résumés dans le tableau 10. Ils se focalisent sur l'absence de pilotage et de formation continue, l'insuffisance de la communication et de la coordination entre les deux systèmes et aussi sur les facteurs liés aux ressources humaines et matérielles.

Tableau 10. Facteurs contextuels entravant l'implantation du programme pour la santé

Facteurs négatifs	Principales remarques
Formation continue Pilotage	- L'absence du comité de coordination et de suivi aux niveaux régional et provincial. - La faible gouvernance du PNSSU en général. - L'absence d'un plan d'action commun - Le manque de formation continue mentionné dans la plupart des entretiens. - Le besoin manifesté en formation sur les techniques d'animation, d'information et de communication et aussi sur la psychologie de l'adolescent.
Nouvelles technologies Communication	- Les dysfonctionnements de la communication interne du MS. - Le retard fréquent des PS sur l'utilisation des nouvelles technologies d'information et de communication (NTIC), - L'indisponibilité des téléphones fixe ou mobile et des adresses personnelles des PS - L'absence de coordination entre les partenaires des MS et MENFP - L'occupation des PS des MS et MENFP par d'autres programmes en 2014.
Ressources humaines Matérielles	- L'intégration des activités parascolaires des clubs de santé dans les heures du travail des enseignants. - Le retard de réception des supports éducatifs se reflètent négativement sur plusieurs événements importants en matière d'éducation pour la santé, (SNSS et journées internationales). - L'absence totale des délégués et chefs du SIAAP dans les activités scolaires, - La routine administrative des chefs hiérarchiques pour la transmission de l'information dans MENFP et MS. - Le manque des remplaçants (départ en retraite) est constaté dans 3 CS. Ce qui a constitué un souci majeur pour les autres professionnels.

4 DISCUSSION

Nos études réalisées sur le degré de mise en œuvre du programme de l'éducation pour la santé, nous ont permis de constater que malgré l'expérience et le volontarisme de certains acteurs et la disponibilité du matériel nécessaire au bon déroulement des activités d'IES, aucun pilotage dynamique du programme au niveau régional n'a été réalisé. De plus, il y a absence totale de la mise en place d'un comité de coordination et de suivi. La communication s'avère quasiment insuffisante. La pénurie des ressources humaines est remarquablement aggravée par une répartition inéquitable. Les formations continues sont absolument absentes pour le personnel.

Selon plusieurs études [16], [17], [18] le volontarisme exprimé par certains acteurs envers les actions accordés aurait facilité la mise en œuvre de certaines activités ; mais en l'absence de motivation et de reconnaissance, ils évolueraient certainement vers le stress de travail reconnu sous le nom "burn-out" et qui est considéré comme "une pathologie de civilisation".

La désignation de personnes expérimentées n'a pas amoindri les facteurs négatifs de la mise en œuvre au niveau organisationnel comme l'absence d'officialisation du comité de coordination et de suivi et le faible pilotage du programme. L'organisation des nations unies pour l'éducation (UNESCO) et l'organisation mondiale de la santé (OMS) considèrent la bonne gouvernance comme étant un principal élément constitutif d'un tel programme performant [19], [20], [21], [22].

L'indisponibilité des ressources humaines et leur répartition inéquitable ont été considérées parmi les obstacles d'implantation du programme et causent l'insatisfaction et la démotivation pour certains des PS et parfois même au gestionnaire. Dans un CS, l'organisation d'unité de santé scolaire formée d'un médecin plein temps et une infirmière à temps partiel nous paraît une expérience très intéressante à généraliser. Le dynamisme de telle unité ne peut être assuré uniquement par la disponibilité des ressources humaines en effectif suffisant mais plutôt leur engagement et leur dévouement en serait la clé principale de réussite [2].

Au niveau partenarial, les bonnes relations en général, entre les PS et ceux du MENFP à différents niveaux, soient une condition nécessaire mais insuffisante pour atteindre les objectifs escomptés de la stratégie. D'autant plus que les plans d'action communs nécessitant une approche participative, n'étaient pas élaborés. Ainsi, la conclusion de convention de partenariat opérationnel au niveau périphérique, nous paraît fondamentale pour contribuer à améliorer les performances des activités d'IES ainsi que tout le programme [14]. L'éducation pour la santé en milieu scolaire devrait être un domaine de longue prolongation nécessitant une coordination et une mutualisation des moyens existants entre tous les partenaires concernés, et que celles-ci soient une condition de la réussite.

Aussi, la communication interne au niveau de la DRS et ses délégations a été remarquée insuffisante, malgré la disponibilité des nouvelles technologies ; ceci est probablement à cause de l'absence de formation continue en la matière. La diffusion incomplète des documents élaborés, y compris la convention cadre de partenariat, par les PS et les acteurs des MENFP. Cette absence de formation continue pourrait aussi nous expliquer, entre autres, la démotivation de certains intervenants. Par contre, la formation continue est en effet érigée au rang d'obligation légale pour tous les professionnels, quel que soit leur mode d'exercice.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'évaluation qualitative du degré de mise en œuvre des actions et des activités d'éducation pour la santé et l'analyse des facteurs contextuels a été étudiée dans ce travail. Nous avons visé les professionnels de santé appartenant aux deux populations différentes (Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle et le Ministère de la Santé) de la région Fès-Boulmane.

Nous avons pu conclure que le degré de mise en œuvre était généralement insuffisant. Et ce, malgré l'expérience et le volontarisme de certains acteurs et la disponibilité du matériel nécessaire pour les séances d'éducation pour la santé au niveau des établissements scolaires. Les principaux facteurs du contexte qui ont entravé cette mise en œuvre, était l'absence d'un pilotage dynamique au niveau régional. L'absence est également notée, au niveau régional et provincial, de mise en place des comités de coordination et de suivi. De plus, il est signalé la pénurie des ressources humaines aggravée par une répartition inéquitable. Les communications sont quasiment insuffisantes. Et finalement, les formations continues sont remarquablement absentes.

En perspective, nous espérons pouvoir contribuer à améliorer l'étude dédiée à l'éducation pour la santé par la proposition de certaines pistes jugées importantes :

- La restructuration des tâches des gestionnaires périphériques dans le programme ;
- La mise en place des comités de coordination et de suivi prévus par la convention cadre de partenariat au niveau régional, provincial et national ;
- La mise d'un plan d'action commun de formation continue selon une approche participative ;
- L'établissement d'équilibre entre milieux urbain et rural et entre les provinces en se basant sur des critères objectifs notamment la population cible et l'accessibilité géographique ;
- L'assurance d'une large diffusion de l'information et de la documentation en se basant sur les nouvelles technologies ;
- L'organisation des rencontres régionales et nationales des PS ;
- L'intégration par texte réglementaire les heures des activités parascolaires en général dans l'emploi du temps des enseignants actifs ;
- La mise en place des mécanismes de motivation et de reconnaissances des efforts des professionnels.

REFERENCES

- [1] RSE, Recueil Statistique de l'Education de 2013-2014, Direction de la Stratégie, des Statistiques et de la Planification, Division des Etudes et des Statistiques, Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle, Royaume du Maroc, 2014.
- [2] SEC, Santé en chiffres de 2013, Direction de la Planification et des Ressources Financière, Division de la Planification et des Etudes, Service des Etudes et de l'Information Sanitaire, Ministère de la Santé, Royaume du Maroc, (2014).
- [3] IES, Information et Education pour la Santé, "Approche multi - sectorielle de la politique de population, Chapitre 4- Information, Education et Communication (IEC) et population - réalisations", Limites et perspectives de développement, Publications du Haut Commissariat, Maroc, 2012.
- [4] MS, Ministère de la santé, "Rapport de l'enquête mondiale sur la santé des élèves en milieu scolaire (GSHS) au Maroc", Maroc, 2010.
- [5] MS, Ministère de la santé, "Stratégie Nationale de la santé scolaire et universitaire (SNSSU)", Maroc, 2011.
- [6] SNSSU, "Rapport sur la Stratégie Nationale de Santé Scolaire et Universitaire", Direction de la population, division de la santé scolaire et universitaire, Ministère de la santé, Royaume du Maroc, 2011.
- [7] OMS, Organisation mondiale de la santé, "Première Conférence Internationale sur la Promotion de la Santé", Charte d'Ottawa pour la promotion de la santé, Ottawa, Ontario, Canada, 1986.
- [8] S. Broussouloux and M. N. Houzelle, "Éducation à la santé en milieu scolaire : Choisir, élaborer et développer un projet". Saint-Denis : éditions INPES, collection Dossiers Varia, 2006.
- [9] MS, Ministère de la Santé, "Guide des activités du Programme National de Santé Scolaire et Universitaire (GPNSSU)". Maroc, 2012.
- [10] A. P. Contandriopoulos, F. Champagne and J. L. Denis, "L'évaluation dans le domaine de la santé : concepts et méthodes", *revue d'épidémiologie et santé publique*, vol. 48, no 6, p 517-539, 2000.
- [11] F. Champagne and J. L. Denis, "Pour une évaluation sensible à l'environnement des interventions : analyse de l'implantation", *service social*, no 41, p 143-163, 1992.
- [12] F. Champagne, "La capacité de gérer le changement dans les organisations de santé", Étude no 39, no de catalogue CP32- 79/39-2002F-IN ISBN 0-662-87980-5, 2002.
- [13] N. Regrag, "Analyse de l'implantation du centre de référence du diabète de la province de Kenitra, Rabat", *INAS*, 2012.
- [14] CNS, Conférence Nationale sur la Santé, "Pour une nouvelle réforme dans le système de santé", 2^{ème} conférence nationale sur la santé sous la présence de l'organisation mondiale de la santé, *Le livre blanc*. Ministère de Santé, Royaume du Maroc, 2013.
- [15] CNEF, Charte Nationale d'Education et de Formation, 2009. Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle. Royaume du Maroc. [Online] Available: <http://www.men.gov.ma/sites/fr/Lists/Pages/charte.aspx>
- [16] G. Fotinos and J. M. Horenstein, "Le « burnout » des enseignants. La qualité de vie au travail dans les lycées et collèges". *CASDEN*. vol 2, pp 1-135, 2011.
- [17] NCM., "Rapport sur la Nouvelle Constitution du Maroc", secrétariat général du gouvernement, Direction de l'Imprimerie Officielle, Royaume du Maroc, 2011.
- [18] K. R. Sowmya and N. Panchanatham, "Job burnout: an outcome of organisational politics in banking sector. Far East" *Journal of Psychology and Business*, vol. 2, No 1, p 49, 2011.
- [19] M. P. Pomey, J. L. Denis and A. P. Contandriopoulos, "Un cadre conceptuel d'analyse de la gouvernance clinique dans les établissements de santé". *Pratiques et Organisation des Soins*, vol. 39, no 3, 2008.

- [20] D. De Savigny and A.Taghreed, "Pour une approche systémique du renforcement des systèmes de santé. Alliance pour la recherche sur les politiques et les systèmes de santé", ISBN 978 92 4 156389 5, Organisation mondiale de la santé, 2009.
- [21] H. Dusmesnil, B. Saliba serre and J. C. Régi, "Épuisement professionnel chez les médecins généralistes de ville : prévalence et déterminants". *Santé publique*, Vol. 21, no 4, pp. 355-364, 2009.
- [22] L. Paina and D. H. Peters, "Understanding pathways for scaling uphealth services through the lens of complex adaptive systems", *Health Policy and Planning*, 1-9, 2011.

Audit et rationalisation des dépenses publiques : Cas de la Région Chaouia Ouardigha

[Audit and rationalization of public expenditure : Case of the Chaouia Ouardigha region]

Rachid WAHABI¹, Hicham DRISSI², and Nada SOUDI³

¹Professeur de l'enseignement supérieur, Directeur du Laboratoire de recherche : Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settati, Maroc

²Doctorant au Laboratoire de recherche : Finance, Comptabilité et Audit, Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settati, Maroc

³Doctorante au Laboratoire de recherche : Gestion, Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settati, 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 last international financial crisis has revealed that the internal audit is the cornerstone of the control of activities and monitoring their performance.

This work will investigate on the existence of a correlation between internal audit and performance in a public administration.

In this way, we begin by defining the two concepts: audit and internal audit, and bring these two disciplines to the public organization. Then, we will study the concept of performance, and how the audit will contribute to its realization. Thus, we will analyze the practical case of the Regional Investment Center. We will try to apply the theoretical approach and especially responding to the question: How internal audit contributes to the performance and governance?

KEYWORDS: Audit, Rationalization, Public Expenditure, Regional Investment Center, buying process, supplier's evaluation.

RÉSUMÉ: La dernière crise financière internationale a révélé que l'audit interne constitue la pierre angulaire de la maîtrise des activités des entreprises et le pilotage de leurs performances.

Ce travail étudiera l'existence d'une corrélation entre l'audit interne et l'efficacité et la performance au sein d'une administration publique.

Pour cela, nous commencerons par définir les deux concepts : audit et audit interne, et par rapprocher ces deux disciplines avec l'organisation publique. Ensuite, nous étudierons le concept de la performance, et voir comment l'audit va contribuer à sa réalisation. Enfin, nous analyserons le cas pratique du Centre Régional d'Investissement, où nous essaierons d'appliquer l'approche théorique et surtout de répondre à la question : L'audit interne contribue-t-il à la performance et la gouvernance ?

MOTS-CLEFS: Audit, rationalisation, dépenses publiques, Centre régional d'investissement, processus d'achat, évaluation fournisseurs.

1 INTRODUCTION

L'audit et la performance sont deux concepts dont l'usage connaît, de nos jours, une montée significative. Ils sont souvent associés à l'entreprise qui donne à l'information une importance capitale.

En tant que notion, l'audit porte une dimension de modernité et une dynamique de changement. Cette image provient essentiellement de la richesse du concept, de l'étendue des compétences qu'il met en œuvre, de la rigueur, de la méthode et de l'emploi des techniques d'analyse de plus en plus savantes.

D'une manière générale, la performance est un résultat chiffré obtenu dans le cadre d'une compétition. Au niveau d'une entreprise, la performance exprime le degré d'accomplissement des objectifs poursuivis. Pour cela, une entreprise performante doit être à la fois efficace et efficiente. Elle est efficace lorsqu'elle atteint les objectifs qu'elle s'est fixés. Elle est efficiente lorsqu'elle minimise les moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés.

Dans le cas d'administrations publiques, l'adaptation des objectifs aux moyens disponibles est difficile car la prise de décision et la fixation des objectifs se font à des niveaux différents de ceux qui sont chargés du processus d'exécution des programmes. La marge d'autonomie est généralement faible est déterminée par les pressions exercées par les contraintes gouvernementales et aussi par le marché. La rentabilité interne de l'organisation est généralement sacrifiée au profit de la rentabilité sociale ou de la cause nationale. **L'élément central de cette section réside en la délimitation de la relation qui existe entre l'audit et la performance dans l'organisation en général et dans les organisations publiques en particulier. A ce titre, pour mieux élucider le sens de la relation qui pourrait lier ces deux concepts fondamentaux une série de questionnements s'impose :**

- Est-ce que l'amélioration de la gestion dans une organisation publique dépend de manière directe de l'audit auquel elle recourt ?
- L'audit peut-il être considéré comme une cause ou un effet de la performance ?
- Dans combien de temps une organisation publique qui recourt aux services de l'audit pourrait récolter les fruits de cette intervention ?

2 AUDIT ET AUDIT INTERNE : OUTILS POUR L'ADMINISTRATION PUBLIQUE

2.1 DÉFINITIONS

L'audit est défini comme étant l'examen critique par un professionnel compétent d'une situation de fait ou de droit par référence à des normes. Cet examen critique a pour but principal de vérifier les états patrimoniaux de l'entreprise, et de s'assurer de leur sincérité, régularité, conformité et aptitude à refléter une image fidèle de l'entreprise. Il permet d'aboutir à l'émission d'un rapport résumant les observations d'un spécialiste et ses éventuelles suggestions.

Toutefois, bien qu'il s'agisse d'une activité générale et globale, la notion d'audit a longtemps été réservée au secteur privé. Cependant, il existe une série de facteurs qui militent en faveur de l'application et du développement des méthodes modernes d'audit aux organismes publics.

Les opérateurs administratifs et économiques du secteur public, dans le cadre des responsabilités de gestionnaires qu'ils sont tenus d'assumer, doivent eux évaluer leurs actions pour s'assurer qu'elles répondent aux objectifs assignés et aux attentes exprimées par le gouvernement, le législateur et le citoyen. Il s'agit là d'une nouvelle perception des principes et des règles régissant les finances publiques, qui procède du besoin impérieux d'introduire plus de transparence dans les pratiques administratives et de favoriser une meilleure gestion des deniers publics. Quant à l'audit interne, Considéré comme un «examen occasionnel ou périodique sur pièces et sur place des activités d'un ou plusieurs organismes en vue d'aider les autorités responsables à améliorer la gestion et les résultats de ces organismes. Cet examen comporte des contrôles, des jugements de valeur et des recommandations sur les politiques, les objectifs, les procédures, les informations et les moyens. Il est assuré par des personnes indépendantes de la hiérarchie, non responsables de l'organisation et de la gestion des activités qu'elles examinent ».

En définitif, l'audit est un examen périodique : Ce principe met l'accent sur la dimension temps dans les interventions des auditeurs. Ces derniers n'interviennent pas de manière permanente dans l'entreprise comme c'est le cas d'autres fonctions internes et voisines de l'audit tel que le contrôle de gestion. L'auditeur, qu'il soit interne ou externe, engagé dans un cadre légal ou contractuel, n'intervient qu'occasionnellement pour valider et authentifier les informations qu'on lui a communiquées pour analyse et appréciation.

2.2 FINALITÉ DE L'AUDIT

Quelle que soit la nature de l'audit, la principale finalité de l'auditeur consiste à examiner des informations produites et mises à sa disposition par les dirigeants d'entreprises pour s'assurer de leur authenticité. Son opinion permet de les fiabiliser et en accroître l'utilité aux yeux des différents partenaires concernés. Même si l'auditeur intervient dans le cadre du commissariat aux comptes (légal), les observations qu'il constate soit à l'occasion de l'évaluation du système de contrôle interne, soit lors du contrôle des comptes, il indique aux dirigeants les pistes d'amélioration. La notion même d'information peut porter sur des domaines variés. Elle n'est pas uniquement d'ordre comptable et financier. Elle peut être de gestion, sociale, technique,.... et peut revêtir la forme historique ou prévisionnelle, interne ou externe, quantitative ou qualitative, etc.

2.3 POSITION DE L'AUDITEUR

Parmi les conditions essentielles de la réussite d'une mission d'audit, on distingue l'indépendance de l'auditeur. Ce dernier devrait être indépendant par rapport aux gestionnaires ayant produit l'information objet de ses diligences et n'avoir aucun lien d'intérêt de nature à altérer cette indépendance. Cette indépendance devrait également être d'esprit. D'ailleurs, son importance l'a érigée en norme consacrée par tous les manuels d'audit.

2.4 DIMENSION PROFESSIONNELLE DE L'AUDIT

Le caractère professionnel de l'audit exige une méthodologie de travail et des techniques de validation et d'authentification de l'information assez rigoureuses. L'opinion formulée par l'auditeur l'engage de façon personnelle. Elle devrait, pour cela, être toujours exprimée par référence à des critères communs et acceptés. Les professionnels ont développé et diffusé dans ce sens, des normes et une approche de travail très élaborées.

Les actes d'audit s'inscrivent obligatoirement dans une démarche en trois temps ; la recherche et la mesure de l'écart par rapport à la norme, la collecte et la constitution des éléments de preuve pour mieux justifier l'écart et asseoir l'observation et les propositions de recommandation.

3 LA CONTRIBUTION DE L'AUDIT A LA RATIONALISATION

En matière de la performance, contrairement aux entreprises privées, les organismes du secteur public sont confrontés à plusieurs contraintes. Les objectifs qu'ils poursuivent sont rarement formulés de façon claire, précise et définitive et leur sont souvent imposés par les pouvoirs publics. Deux relations peuvent être décrites entre ces 2 concepts : une relation "unidirectionnelle" expliquée par le fait que les organisations publiques font appel aux à l'audit pour qu'elles soient performantes ; Une autre qualifiée, cette fois, de "bidirectionnelle" c'est-à-dire que les deux variables (audit et performance) entretiennent une relation d'influence mutuelle.

3.1 L'AUDIT CONDITIONNE LA PERFORMANCE

En sciences de gestion, la performance d'une organisation qu'elle soit publique ou privée est la résultante d'une panoplie de facteurs. Certains sont exogènes tels que le marché, les fournisseurs, les clients, la conjoncture économique, l'environnement, etc. D'autres sont endogènes, il s'agit de la nature du management, de la structure organisationnelle, de la qualité des ressources humaines, du degré d'implication des membres et de leur adhésion aux projets de l'entreprise etc.

Or, il est quasiment acquis à l'unanimité que l'audit permet d'opérer une analyse approfondie des ressources de l'organisation, de sa structure organisationnelle et de son style de management, etc. A travers les risques détectés, les zones de force et les points de faiblesse dégagés et les recommandations formulées, il aide à utiliser avec rationalité les ressources de l'organisation, revoir la stratégie adoptée, sa structure organisationnelle, changer de style de management, etc.

La conséquence directe des mesures prises serait la mise en place d'une organisation et des procédures plus rationnelles, une gestion optimisée des ressources voire un climat général d'affaires propice à la performance organisationnelle et à la gouvernance locale et partant à la consolidation des bonnes pratiques de gouvernance.

On peut affirmer alors qu'il existe une forte corrélation étroite entre l'audit et la performance dans une organisation. Laquelle performance serait conditionnée, entre autres, par les résultats et la mise en œuvre des recommandations des interventions des auditeurs.

3.2 AUDIT ET RATIONALISATION : INFLUENCE MUTUELLE

En plus de l'analyse objet du précédent paragraphe selon laquelle la relation entre l'audit et la performance est d'un sens unique, selon cette seconde perspective, plus les organisations réalisent des performances plus elles recourent aux services de l'audit.

Ainsi, entre les deux variables, il existe une relation de boucle de rétroaction ; les organisations recourent à l'audit dans la perspective d'augmenter leurs capacités organisationnelles et partant leurs résultats. Mais, plus elles deviennent performantes, plus elles recourent aux services de l'audit pour consolider leurs acquis et augmenter leurs aptitudes et leur compétitivité dans un contexte de plus en plus turbulent et incertain.

3.3 PLACE DU FACTEUR TEMPS DANS LA RELATION AUDIT – RATIONALISATION

Nous visons ici la clarification de la place de la variable temps dans la relation qui existe entre l'audit et la performance dans une administration. En effet, il est important de voir dans combien de temps une organisation publique qui recourt aux services de l'audit pourrait récolter les fruits. En quelque sorte, c'est le délai du retour sur investissement mesuré par la satisfaction des citoyens.

En d'autres termes, il y a lieu de se demander si l'audit a un effet immédiat sur la performance de l'organisation ou si au contraire, cet effet était retardé.

En l'absence d'études empiriques ayant clarifié ce lien, nous estimons que la pratique de l'audit ne peut avoir d'effets immédiats sur la performance d'un organisme public. En procédant au diagnostic, l'organisation doit d'abord initier les réformes préconisées par l'expertise, les interioriser et enfin, commencer à "récolter les fruits" de la dynamique. Il est clair que certaines recommandations pourraient avoir des effets immédiats sur la performance alors que d'autres auraient un effet différé. Mais nous retenons un horizon temporel moyen de l'ordre de trois à cinq ans pour qu'un organisme public puisse se prononcer sur les liens qui pourraient exister entre les réformes qu'elle a mises en œuvre **suite aux audits et leurs effets**.

Un autre facteur aussi important dont souffriraient les effets pris suite aux audits, c'est le phénomène d'essoufflement. A l'instar de la théorie du "cycle de vie du produit" ou le « cycle de vie de service », nous extrapolons au "cycle de vie de la pratique de l'audit".

Selon ce raisonnement, l'effet de l'audit sur la performance d'une organisation passerait par trois phases essentielles :

- **Lancement de l'audit et interiorisation des réformes** : pendant cette phase, l'organisation passe au peigne fin des auditeurs pour voir ses points forts et ses zones de faiblesse. Les experts recommandent les mesures appropriées pour renforcer les premiers et pallier les secondes.
- **Phase de maturité** : c'est le moment où l'entreprise a mis en pratique toutes les réformes et commence à récolter les fruits de la réforme.
- **Phase d'essoufflement** : à ce moment, les mesures conseillées par les auditeurs auraient atteint leurs limites et partant leur efficacité serait achevée. Il y a donc lieu de chercher de nouvelles solutions qui s'adapteraient au nouveau contexte et à la nouvelle donne.

4 CAS CRI DE LA REGION « CHAQUIA OUARDIGHA »

Le Centre Régional d'Investissement, interlocuteur unique auprès des investisseurs, est un des projets inauguré par Sa Majesté le 9 janvier 2002 représentant un appui et un complément aux grands chantiers lancés par S.M. afin de restaurer le dynamisme d'investissement de l'Etat marocain et ses administrations, moderniser les structure traditionnelles d'une Nation autant attachée à ses racines et à son authenticité que tournée vers l'avenir et le progrès. Conscients de l'importance des investissements, tant nationaux qu'internationaux, pour le développement économique et social du pays, dans un environnement caractérisé par la mondialisation et la compétition acharnée pour attirer les investisseurs, les Centres Régionaux d'Investissement visent à soutenir activement l'investisseur tout en veillant à apporter leur assistance aux entreprises en difficultés pour favoriser la continuité de leur activité.

Le Centre Régional d'Investissement est un organisme appelé à répondre à sa mission avec efficacité et modernité. Il a pour principales missions la simplification des procédures administratives, la proximité et l'unicité de l'interlocuteur et l'accompagnement des investisseurs ainsi que le développement la promotion de l'investissement de la région. Dans ce

cadre, un ensemble de mesures ont été mises en place notamment la délégation de pouvoir aux Walis des régions concernant les secteurs de l'industrie, l'agroalimentaire, l'artisanat, le tourisme, l'exploitation minière et le bâtiment.

Ainsi, le Centre Régional d'Investissement a pour principales tâches, en plus de celles déjà énoncées, de :

- Jouer le rôle de facilitateur permettant aux promoteurs de réaliser leurs projets dans les meilleures conditions ;
- Examiner les différentes procédures administratives relatives à l'acte d'investir et de faire des propositions de simplification de ces dernières ;
- Faire des propositions d'amélioration de l'attractivité de la région et faire preuve d'initiative pour l'amélioration du système incitatif au niveau régional ;
- Travailler pour le maintien, la consolidation et le développement de l'investissement existant et pour la mise à niveau du tissu économique de la région ;
- Participer à la mise en place d'un climat d'investissement concurrentiel et à l'adoption de mesures de nature à accroître la compétitivité et la diversification de l'économie de la région ;
- Proposer une méthodologie permettant de dénicher et de mettre en valeur toutes les potentialités et opportunités d'investissement au niveau de la région ;
- Mettre en place un système de veille économique permettant de capter et d'explorer au niveau régional, national et international, les différents projets d'investissement pouvant intéresser la région.

De manière générale, le Centre Régional d'Investissement se doit de jouer, par excellence, le rôle « d'animateur économique régional » et ce, en mettant en place un plan d'action qu'il réalisera en concertation et avec le concours de l'ensemble des opérateurs économiques privés et publics de la région. L'objectif de cette démarche pourrait également être l'élaboration d'un contrat-programme « Etat-Région » pour le développement économique et social.

4.1 ETUDE DU PROCESSUS D'ACHAT AU SEIN DU CRI DE SETTAT

Cette étude a été réalisée sur la période : 2009-2013, la cible est constituée des cadres et fonctionnaires du CRI de Settât et compte 30 cadres et cadres supérieurs. Les résultats de l'étude ont été validés par les Directeurs des centres Régionaux d'investissement, par les walîs, et par l'inspection générales des administrations territoriales (IGAT) et cela à travers tout le Maroc. Avant de se pencher sur le cas du CRI de Settât, nous allons dans un premier temps définir le processus d'achat au sein du secteur public, puis de réaliser un audit et diagnostic du processus achat de prestation externe

4.1.1 PROCESSUS D'ACHAT AU SEIN DU SECTEUR PUBLIC

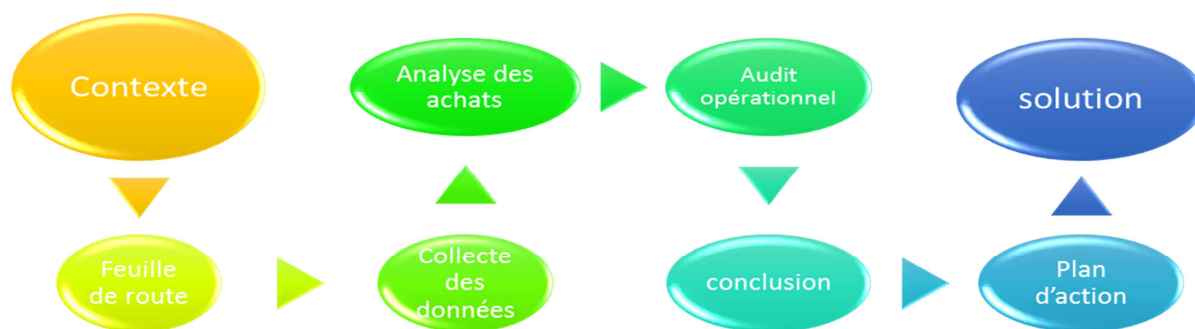
L'achat public se définit par le fait, pour une administration, d'acquérir ou d'obtenir des travaux, des fournitures, ou des services à titre onéreux dans le respect du code des marchés publics. En matière d'achat public, l'administration peut réaliser trois types de prestations : Exécution de travaux, livraison des fournitures et la prestation de services.

La passation des marchés de l'Etat doit obéir aux principes suivants :

- La transparence dans le choix du maître d'ouvrage ;
- L'égalité d'accès à la commande publique
- Le recours à la concurrence en tant que possible
- L'efficacité de la dépense publique

4.1.2 AUDIT ET DIAGNOSTIC DU PROCESSUS ACHAT DE PRESTATION EXTERNE

Afin de porter un diagnostic du CRI, nous allons procéder par une analyse quantitative et ensuite par un audit opérationnel conformément au schéma suivant :



Cette démarche va nous permettre d'une part, de déceler les points forts et les points faibles des processus achat et la satisfaction client au sein du CRI, et ce pour mesurer la contribution de l'audit à la performance du CRI.

4.2 RÉSULTATS DE L'ANALYSE

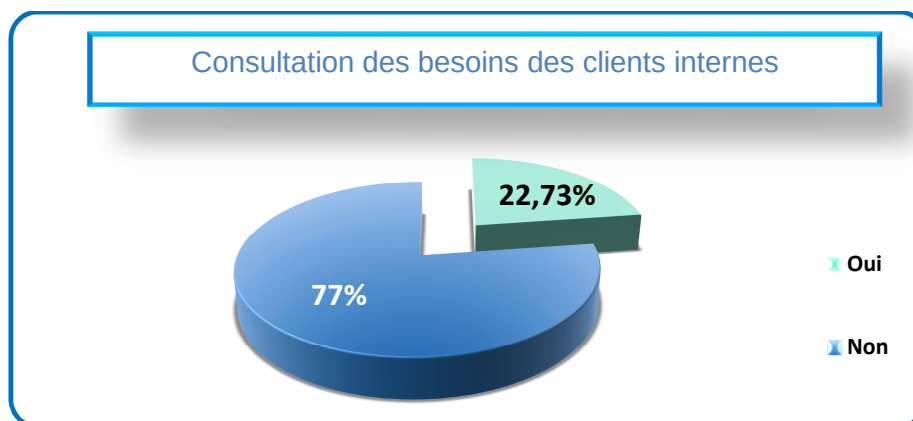
Afin de mesurer la satisfaction des clients internes (personnes qui utilisent les produits d'achat au sein du CRI) et entreprendre les actions nécessaires pour améliorer la fonction achat, le champ de l'audit a porté sur les éléments suivants :

- Expression de besoins ;
- Préparation du dossier d'achat ;
- Satisfaction vis-à-vis des fournisseurs ;

Les résultats se présentent comme suit :

4.2.1 EXPRESSION DE BESOINS

Cette rubrique élucide la consultation des besoins des clients internes:

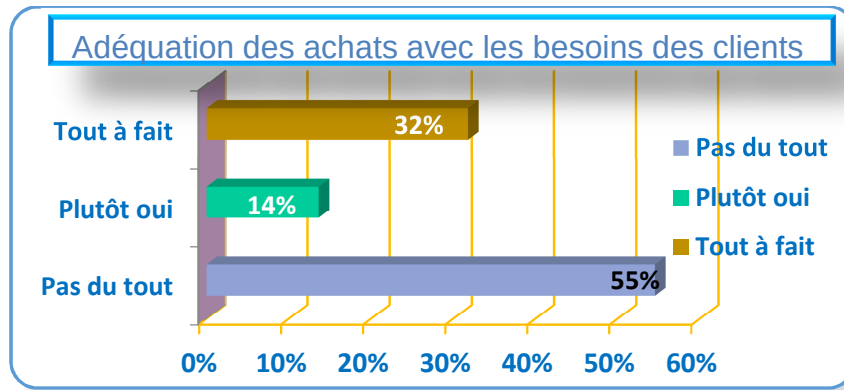


Près de **80 %** des clients interne affirme qu'aucune consultation des besoins n'a été effectuée.

23% du personnel sont consultés pour préciser leurs besoins, il s'agit bien du département de la communication, département des études et le service des systèmes d'information. Vue la nature des missions de ces départements, dès qu'il y a besoin, ils contactent le service des Affaires Financières et Administratives afin de conclure l'acte d'achat.

4.2.2 ADEQUATION DES ACHATS AVEC LES BESOINS DES CLIENTS

Le deuxième point étudié est la concordance entre le besoin réel de ces collaborateurs et les achats effectués. Les résultats sont les suivants :

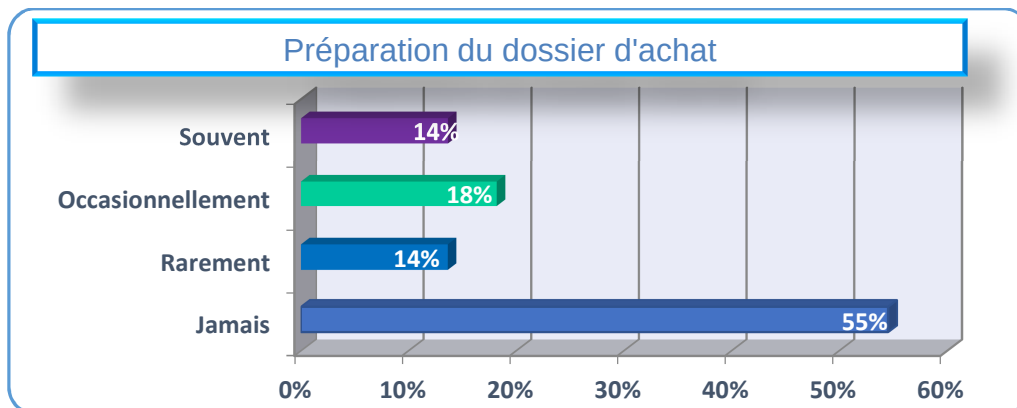


Nous constatons que le taux d'adéquation des achats avec les besoins des clients ne dépasse pas 45% pourtant plus de 50% du personnel estime que les achats effectués par le service acheteur ne sont pas conformes avec leurs besoins et attentes.

Ainsi, nous remarquons que sur l'ensemble des départements du CRI, le service des systèmes d'information et le département de la communication ont exprimé la satisfaction la plus élevée en ce qui concerne l'adéquation des achats à ses besoins, cela peut être expliqué par leurs fortes contributions tout au long du processus achat.

4.2.3 PRÉPARATION DU DOSSIER DES ACHATS

Pour aller plus en profondeur dans les résultats précédents, nous allons étudier l'implication du personnel dans la préparation du dossier d'achat (*notamment le cahier des charges, les bons de commande et les contrats...*)



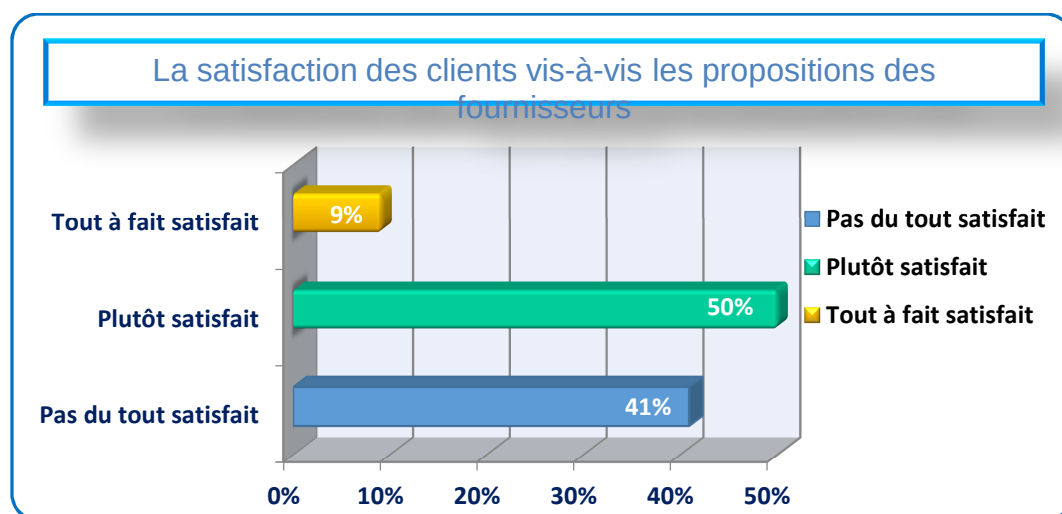
Nous constatons que 55% des clients ne participent pas à la préparation des dossiers d'achats. Quant à 45% participent au processus achats mais avec des fréquences différentes, les départements concernés sont : le service des systèmes d'information, le département de la communication et le département des études et statistiques.

4.2.4 SATISFACTION VIS-A-VIS DES FOURNISSEURS

Avant d'étudier la satisfaction vis-à-vis des fournisseurs, nous allons nous pencher sur la qualité du Panel fournisseurs :

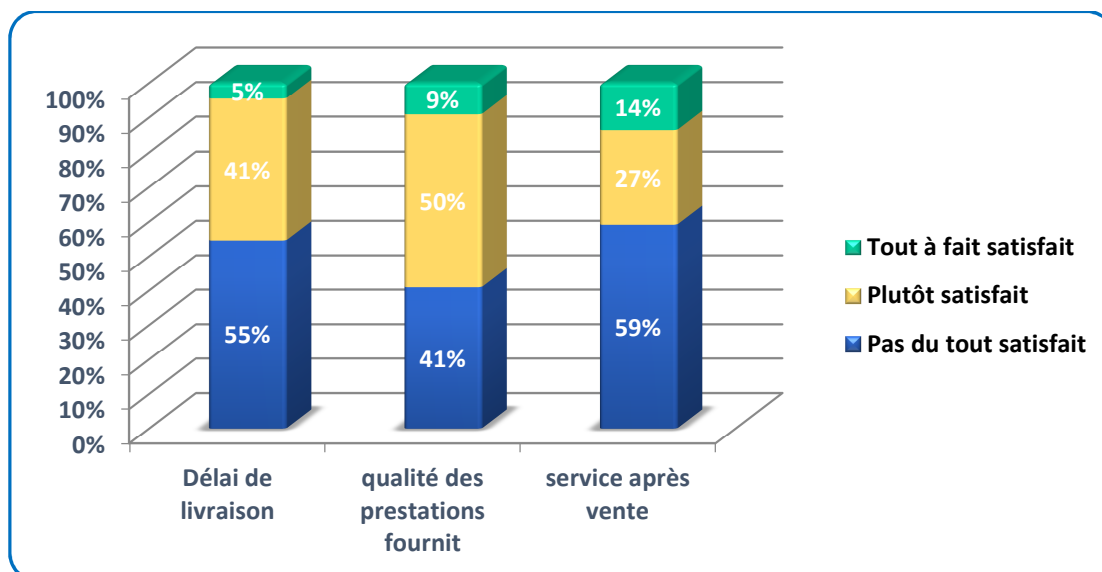
Panel fournisseurs	Nb	%
Mauvais	4	18%
Médiocre	0	0%
Moyen	10	45%
Bon	8	36%
Excellent	0	0%
Total	22	100%

Près de **80 %** des clients jugent que la qualité du panel fournisseur se balance entre bonne et moyenne. Ainsi, La satisfaction des clients vis-à-vis les propositions du fournisseur e présente comme suit :



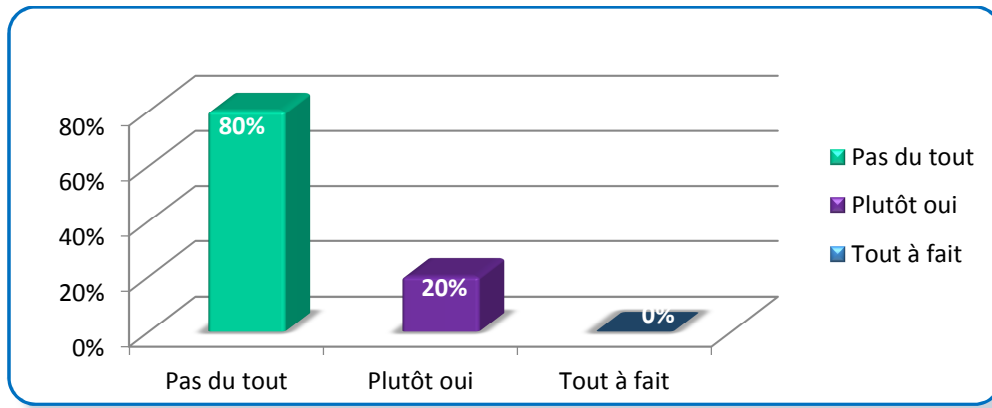
Près de **59%** des clients sont plutôt satisfaits des propositions des fournisseurs. Il faut être plus exigeant lors de la sélection des fournisseurs et de la fixation des conditions d'achat.

Si nous décortiquons la satisfaction des clients vis-à-vis : le délai de livraison, la qualité des prestations, SAV, les résultats sont les suivants :



Nous constatons que plus de **42%** des clients ne sont pas satisfait des prestations des fournisseurs en matière de délai de livraison, la qualité des prestations, SAV. Il faut renforcer la phase de contractualisation et la négociation.

Toutefois, si nous étudions la participation du personnel dans l'analyse comparative des propositions des fournisseurs, les résultats sont les suivants :



La majorité des clients ne participent pas à l'analyse comparative des propositions reçues par les fournisseurs

4.3 CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE

Cette étude nous a permis d'extrapoler des forces et faiblesses apparentes que nous traduirons en tâches, objectifs et risques associés :

Tâches	Objectifs	Risques
Séparation des fonctions, réception et comptabilisation	Assurer une bonne Séparation des tâches	Détournement des deniers publics
Recensement et suivi des besoins réels de l'entreprise	Rationaliser les achats et les dépenses publics	- Engagement des achats sans rapport avec les besoins réels - Inadéquation avec les besoins réels et par conséquent insatisfaction des utilisateurs
Relance des fournisseurs après expiration des délais de livraison	Satisfaction des utilisateurs en respectant les délais souhaités d'obtention des prestations	Rupture de stocks
Choix des fournisseurs	Efficacité de la procédure de sélection des fournisseurs en proposant des critères objectifs et pertinents	Non satisfaction des besoins des utilisateurs suite au choix des fournisseurs proposant des prestations modestes et non innovantes.

Les pistes d'amélioration seraient les suivantes:

- Les achats doivent être effectués selon un programme prévisionnel périodique prenant en compte les besoins réels des utilisateurs ainsi que leurs attentes
- Intégrer les utilisateurs dans le processus achats notamment : l'expression du besoin, le choix du fournisseur à retenir, l'évaluation des prestations.
- Renforcer le dispositif contractuel, notamment, en termes de coût, qualité, délai, service après-vente.
- Choisir le mode adéquat à chaque type d'achat, nous remarquons que presque la totalité des achats du cri est faite par bon de commande. Ce mode d'achat ne permet ni de formaliser toutes les exigences des acheteurs ni d'effectuer des achats avantageux surtout en terme de prix.

5 CONCLUSION

Nous allons conclure notre article par les résultats escomptés de notre étude. La pierre angulaire est la satisfaction des besoins clients, qui gravite autour d'une optimisation des ressources de l'organisation et des flux de travail, une amélioration du Système d'Information, une optimisation des achats et une mise en place d'un système de mesure basé sur la démarche d'amélioration continue

REFERENCES

- [1] Barbier. E, "Mieux piloter et mieux utiliser l'audit, l'apport de l'audit aux entreprises et aux organisations », Edition MAXIMA, 1999.
- [2] Arregle. J.L, Cauvin. E, Chertman. M, Grand. B, Rousseau. P, «Les nouvelles Approches de la gestion des Organisations, Edition ECONOMICA, Paris, 2000.
- [3] Belaiboud. M, « Pratique de l'audit », Edition Berti, Alger, 2005.
- [4] Bertin, E «Audit interne, Enjeux et pratiques à l'international », Edition d'organisation,
- [5] Paris, 2007.
- [6] Ammar. S, «Le rôle de l'auditeur interne dans le processus de gouvernance de l'entreprise à travers l'évaluation du contrôle interne », Institut des Hautes Etudes Commerciales de Sfax, Tunisie, 2007
- [7] Azeba. C, « Contrôle interne », Inspection Générale des Finances, Ministère de l'Économie et des Finances, Maroc, 2009.
- [8] Benhayoun Sadafi. M.A, «L'audit interne : levier de performance dans les organisations publiques, Etude du cas Drapor », Institut supérieur de commerce et d'administration des entreprises, mémoire de l'obtention du diplôme du cycle supérieur de gestion, Rabat, 2001.
- [9] Bernard. F, Salviac. E, «Fonction achat: contrôle interne et gestion des risques », Edition
- [10] Maxima, Paris, 2009.
- [11] Erroussafi. A, « L'audit interne opérationnel », Casablanca, 2011.
- [12] La question de gouvernance des entreprises se pose avec acuité - le scandale de Sonatrach révèle la manière dont elle est gérée. (2010, Jan 18). AllAfrica.Com.
Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/890645892?accountid=44936>
- [13] En marge de la clôture de la session de printemps de l'APN, le ministre de l'énergie - «Le contrôle interne de Sonatrach renforce». (2010, Jul 24). AllAfrica.Com.
Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/892957609?accountid=44936>
- [14] Understanding internal control ,city of riverside,23 January 2008, p 28
http://www.auditnet.org/docs/NALGA/Riverside_IA_Understanding_Internal Control.pdf

Intelligence et attractivité territoriale: Modèle des parcs industriels français au Maroc

[Territorial intelligence and attractiveness: Case Model of French industrial parks in Morocco]

Rachid WAHABI¹, Hicham DRISSI², and Nada SOUDI³

¹Professeur de l'enseignement supérieur, Directeur du Laboratoire de recherche : Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settat, Maroc

²Doctorant au Laboratoire de recherche : Finance, Comptabilité et Audit, Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settat, Maroc

³Doctorante au Laboratoire de recherche : Gestion, Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, 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: In a context of increased competitiveness, territories highlight their potential and promote their achievements. Territorial marketing is the best tool, it's based on a territorial intelligence, analysis of opportunities and the adoption of segmentation and proper positioning to recruit the best investors. In Morocco, in the case of SettaPark Chaouia Ouardigha region is a strong example of development of Settat city.

KEYWORDS: Governance, Territorial Marketing, settaPark, territorial intelligence, positioning, segmentation.

RÉSUMÉ: Dans un contexte de compétitivité accrue, les territoires se mettent en exergue pour valoriser leur potentiel et promouvoir leurs acquis. Le marketing territorial est un outil qui s'inscrit dans cette assise et se fonde sur une intelligence territoriale, qui déverse sur une analyse d'opportunités puis à l'adoption d'une segmentation et positionnement adéquat pour recruter les meilleurs investisseurs.

Au Maroc, le cas de SettaPark dans la région Chaouia Ouardigha est un fort exemple de la valorisation de la ville de Settat.

MOTS-CLEFS: Gouvernance, Marketing territorial, settaPark, intelligence territoriale, positionnement, segmentation.

1 INTRODUCTION

Comme tout organisme vivant, un territoire doit se développer pour ne pas s'étioler et pour survivre dans un contexte de plus en plus concurrentiel, d'où l'intérêt du Marketing territorial.

Le marketing territorial représente l'art de positionner un village, une ville, une région, sur le vaste marché mondial. Ce marketing concerne bien sûr les facteurs typiquement territoriaux qui puissent attirer les investissements industriels, les touristes, les travailleurs spécialisés, les sièges sociaux de corporations, les succursales de distribution, les commerces, les agences publiques, les expertises techniques, etc.

Le marketing territorial est devenu essentiel et important du fait de la montée en puissance de la compétitivité qui oblige les territoires de doubler leurs efforts de positionnement afin d'offrir le meilleur produit possible aux entreprises. Exploité

dans de bonnes conditions, le marketing territorial a un effet positif sur le développement économique du territoire concerné. Toutes sont concernées : les grandes agglomérations qui rivalisent pour attirer les entreprises, talents et capitaux mobiles, les villes moyennes ou mêmes celles situées dans l'orbite de grandes agglomérations. Mais les villes ne sont pas à vendre et les territoires ne sont pas des marchandises... Quels sont alors les objectifs et les spécificités du Marketing territorial ? Quelle est le marketing stratégique des villes ? Et quel mix marketing adopter ?

2 GENERALITES

2.1 DÉFINITION DU MARKETING TERRITORIAL

Avant de définir le marketing territorial, il convient d'abord de définir deux notions de base:

Marketing :

Ensemble des techniques permettant de faire correspondre l'offre produit d'une entreprise avec les attentes des consommateurs pour optimiser leur vente

Territoire :

- Espace géographique organisé par les êtres humains pour y exercer ou non des activités.
- Convergence de réalités historiques, socio-économiques, institutionnelles et géographiques.

Pour saisir le concept du marketing territorial, on peut proposer les définitions suivantes :

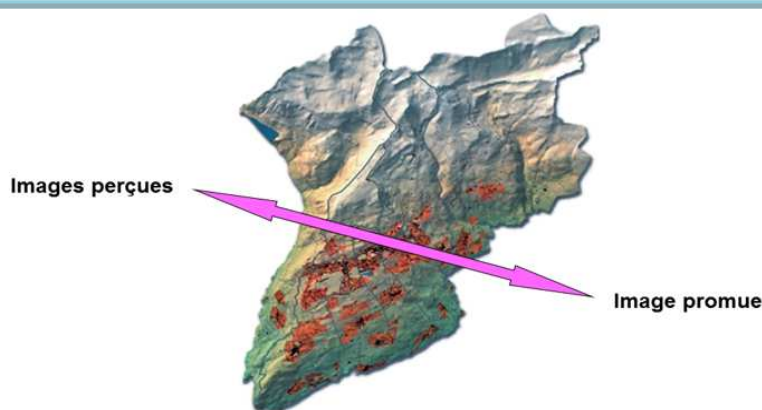
« Le Marketing Territorial est l'effort de valorisation des territoires à des marchés concurrentiels pour influencer, en leur faveur, le comportement de leurs publics par une offre dont la valeur perçue est durablement supérieure à celle des concurrents. Cette activité est généralement pilotée par des agences de développement pour le compte d'autorités publiques et d'acteurs privés ». MERCATOR

« Le Marketing territorial est une démarche visant à améliorer la part de marché d'un territoire donné dans les flux internationaux de commerce, d'investissement ou de compétences ». F.HATEM, Edition Economica 2006.

Le marketing territorial est alors l'ensemble des processus mis en œuvre par une collectivité territoriale pour comprendre et influencer dans le sens du développement de son territoire les conditions de l'échange (monétaire, relationnel...) entre elles-mêmes et d'autres entités, individus, groupes, ou organisations. Le territoire est cependant étudié comme un bien collectif vis-à-vis des cibles marketing fondamentales qui sont les résidents et salariés, les entreprises, les visiteurs, les acheteurs extérieurs et les administrations extérieures.

Pour résumer, le marketing territorial est :

- Un champ du management public territorial qui travaille certes sur l'image mais bien plus sur la signification et la convivialité des lieux (éviter les non-lieux).
- Un positionnement compétitif d'un territoire pour attirer, accueillir et conserver des usagers qui vont produire de la valeur ajoutée (qualitative, quantitative).
- Une application du modèle du marketing à un territoire.



2.2 OBJECTIFS DU MARKETING TERRITORIAL

La démarche globale du marketing territorial a comme finalité de:

- Comprendre les enjeux territoriaux, les problématiques de communication et de marketing des territoires.
- Identifier les grandes étapes de construction d'une stratégie de communication d'un territoire à partir d'une analyse marketing.
- Identifier les dispositifs utilisés pour développer l'attractivité d'un territoire.

Les résultats escomptés de cette démarche sont les suivants :

- Fournir un cadre de vie agréable pour les habitants et les touristes
- Attirer les entreprises pour qu'elles investissent sur le territoire
- Donner du sens à l'environnement quotidien et créer des « lieux » :
 - dans le visible (urbanisme, architecture, art, signalisation)
 - dans l'invisible (sécurité, innovation, atmosphère)

Attirer les entreprises, les touristes, satisfaire les habitants permet d'augmenter les biens qui arrivent sur le territoire. Les échanges financiers sont ainsi multipliés et le pouvoir d'achat des habitants augmente. Le territoire tend donc vers le développement.

2.3 ACTEURS & STRATÉGIES DU MARKETING TERRITORIAL

2.3.1 ACTEURS

Le marketing territorial intéresse différents niveaux d'institutions : niveau national, régional, départemental, communautés de communes, communal...

Tous ces territoires, selon leurs moyens, agissent pour la promotion de leur territoire.

A travers l'efficacité de ce marketing et de son caractère innovant, ressortira une image positive du territoire concerné.

2.3.2 STRATÉGIES DU MARKETING TERRITORIAL

Les collectivités locales tentent de donner la meilleure image possible de leur territoire, puis de la diffuser pour amplifier le rayonnement du territoire. Ceci ne peut se faire sans une démarche stratégique bien réfléchie.

Afin de pouvoir élaborer une stratégie pertinente, il faut se poser les questions suivantes :

- **Buts :** Que voulons-nous réaliser ? En fonction de notre situation actuelle, de l'évolution probable de notre environnement et des leviers d'action à notre disposition ?
- **Produits et marchés :** Quels sont les **produits**, services, idées, valeurs ajoutées que nous voulons offrir ou vendre et à qui (clients, usagers) ?
- **Éléments de compétitivité :** Comment avons-nous l'intention de gagner le marché (**prix, promotion, branding**) ? - Qu'allons-nous offrir avec nos produits ou services qui est important pour nos publics cibles, différent de nos concurrents, faisable économiquement et difficile à égaler ?
- **Collaborations (chaînes de création de valeur, systèmes économiques, filières) :** Quelles sont les activités prioritaires pour la création de valeur que nous voulons exécuter nous-mêmes ? Quelles activités sous-traiter et lesquelles créer ?

La stratégie ainsi élaborée se modélise et prend forme vis-à-vis de la population, des touristes, des entreprises grâce à la communication et à la publicité.

Les stratégies de communication s'appuient généralement sur des grands projets : d'aménagements du territoire ou de valorisation de l'existant ; sur de l'événementiel ; sur des valeurs historiques, culturelles, politiques... Tous les atouts du territoire dans les domaines les plus divers peuvent être utilisés car ils reflètent de manière concrète le caractère du territoire.

Les supports de communication et de publicité utilisés sont divers : papiers (journaux, affiches...), Internet : sites web, newsletters, vidéos, jeux vidéos... même la télévision est utilisée par les collectivités, grâce à la création de chaînes spéciales!

Les moyens pour dynamiser la collectivité sont nombreux : festivals, fêtes, concerts, spectacles, conférences, évènements sportifs...

3 LE MARKETING DES VILLES

Le marketing des villes comporte deux composantes essentielles : le marketing stratégique et le marketing mix.

3.1 LE MARKETING STRATÉGIQUE DES VILLES

L'enjeu consiste à attirer les hommes et les capitaux pour assurer la croissance. Le principe est simple : dans un contexte de mondialisation financière, les capitaux se dirigent là où les conditions d'investissement sont les plus « attractives ». Les villes doivent donc redoubler d'efforts afin d'attirer les bonnes grâces des entreprises, et de « commercialiser » leur « produit territoire ». Présentée comme un cercle vertueux, cette stratégie « gagnant-gagnant » vise à favoriser à tout prix l'installation d'entreprises, de préférence « innovantes », sur le territoire pour bénéficier de retombées positives sur l'économie. Patrick NOISSETTE a identifié quatre champs pour l'application du marketing territorial : Mieux comprendre le marché, mieux s'y adapter, mieux se positionner face à la concurrence et définir une stratégie. Pour cela, il est nécessaire de diagnostiquer le territoire, définir ses enjeux et objectifs, choisir les orientations stratégiques, et enfin adhérer à un programme d'actions.

3.1.1 L'INTELLIGENCE TERRITORIALE

L'intelligence territoriale se propose de relier la veille et l'action publique au service du développement économique et industriel d'un territoire, dans le cadre d'un pôle de compétitivité ou d'excellence territoriale par exemple. Le prolongement de l'intelligence territoriale est le marketing territorial. Les collectivités territoriales (Conseils Régionaux, Conseils Généraux, Communautés de Communes ou regroupements de communes et communes) utilisent des outils d'analyse de plus en plus en plus opérationnels pour mieux gérer leurs territoires notamment des outils de type SIG ou Systèmes d'Informations Géographiques. Les objectifs de ce type de systèmes sont variés :

- La connaissance de leurs territoires pour mieux maîtriser leurs ressources ;
- La maîtrise des infrastructures (routes, réseaux..) ;
- Le benchmark avec d'autres territoires;
- La connaissance des savoir-faire et des produits du territoire.

L'intelligence territoriale doit comme toute action d'intelligence économique partir d'une stratégie précise qui comporte : la définition du champ d'action et de ses limites, la mise en place d'une liste de partenaires ou sources qui permettront d'alimenter un système de veille éventuel, l'instauration des outils techniques de gestion de cette opération (outils de veille, outil de diffusion, outil de collaboration), et la désignation d'un comité de pilotage des actions. Aussi, il faut s'assurer que la volonté "politique" adhère à cette feuille de route voire même prévoit une politique d'investissement avec une définition budgétaire claire et précise.

3.1.2 L'ANALYSE DU TERRITOIRE

Pour réussir un diagnostic territorial, il est nécessaire de recenser les informations auprès de trois acteurs majeurs :

Informations sur les entreprises

Il s'agit de recueillir des données brutes à partir des bases de données des entreprises, de structurer la connaissance à travers des enquêtes et sondages, des analyses statistiques et économétriques et d'en tirer quelques conclusions relatives aux critères de localisation : aversion au risque et environnement des affaires, accès au marché, aux ressources rares, réduction des coûts. Il est à noter qu'une hiérarchisation est effectuée selon la nature des projets.

Information sur les projets

La méthode est simple : il s'agit de recenser les projets d'investissement internationaux mobiles à partir de différentes sources (WEB, presse, etc.). Les projets « mobiles » sont ceux pouvant donner lieu à une compétition entre les pays d'accueil potentiels. Ils correspondent dans presque tous les cas à la production d'un bien ou service susceptible de faire l'objet d'un échange international. Chaque projet est décrit par une quinzaine de paramètres : pays d'origine, de destination, secteur, emplois créés, fonction, etc.

Information sur les marchés

La nécessité est de comprendre la dynamique des marchés d'investissement et les limites des sources existantes. Tout cela permet une mise au point d'une démarche générale adaptée. Après la collecte et le filtrage d'information, il convient donc de chercher des segments de marchés-cibles qui expriment des besoins homogènes.

3.1.3 SEGMENTATION DES MARCHÉS

« Segmenter un marché consiste à le découper en sous-ensembles distincts de clientèle, chacun de ces groupes pouvant être raisonnablement choisi comme cible à atteindre à l'aide d'un marketing-mix spécifique » (Bertrand SAPORTA).

Les phases de segmentation

Il existe deux éléments constitutifs de toute démarche de segmentation en marketing :

Une phase d'analyse et de réflexion : Il faut repérer les caractéristiques fondamentales du marché global, et choisir ensuite un certain nombre de critères permettant de découper le marché en sous-ensembles homogènes. Le choix final des critères de segmentation ne pourra être fait qu'à l'issue d'un compromis délicat à réaliser entre des objectifs difficilement conciliables. Ces critères doivent en effet être à la fois pertinents (c'est à dire correspondre à des différences réelles de comportement) et opérationnels (c'est à dire correspondre à des audiences que l'on peut toucher de manière sélective grâce à des supports publicitaires appropriés). Ils doivent en outre être mesurables (les critères psychologiques sont plus difficiles à mesurer dans une enquête que les critères objectifs). Une opération de découpage réussie, à la fois pertinente et opérationnelle, présuppose l'existence d'un système d'information sans défaillance.

Une phase de choix et de prise de décision : Ce choix sera effectué après confrontation entre, d'une part, les attentes et le potentiel de chaque segment et, d'autre part, le profil de compétence de l'entreprise. Celle-ci retiendra les segments « intéressants », à fort potentiel, aisément accessible, etc... dont elle pense qu'elle peut satisfaire de manière rentable les attentes et de manière plus efficace que la concurrence. Les segments retenus doivent l'être à l'issue d'un véritable processus de sélection volontaire, et non être subis par l'entreprise. En d'autres termes, ce n'est pas parce qu'un groupe bien identifié de clients émet des vœux spécifiques quant à la présentation du produit ou tout autre élément du marketing mix qu'il doit être automatiquement servi par l'entreprise.

Les critères de segmentation

Ils diffèrent selon qu'il s'agit de visiteurs et touristes ou d'entreprises désirant s'implanter.

3.1.3.1 LA SEGMENTATION DANS LE CAS DES VISITEURS ET DES TOURISTES

Un touriste se définit comme un visiteur ayant passé au moins une nuit dans le territoire visité. Les critères de segmentation des visiteurs/ touristes peuvent être classés en quatre catégories :

- **La segmentation selon les caractéristiques attendues du produit :** selon le but du voyage, nous distinguons : le tourisme ou les visites pour affaires, et pour la santé. Les besoins des acheteurs peuvent varier : lieux de réunions ou de rencontres, plaisirs gastronomiques, services de secrétariat, activités sportives, hébergements, lieux de repos, de soins, attractions pour les enfants, lieux de connaissances culturelles...
- **La segmentation selon le comportement d'achat.** Nous pouvons distinguer les touristes fidèles à une localité, qui peuvent représenter une part importante des revenus du tourisme pour la collectivité territoriale, les touristes selon le budget dépensé (par exemple souvent les congressistes dépensent plus que les touristes « loisirs »), selon la longueur du séjour, le type d'infrastructures d'hébergement utilisées...
- **La segmentation selon des profils sociodémographiques :** il permet de prospecter de nouveaux clients. Il comprend l'âge, le sexe, la profession, le niveau de revenu, le lieu de résidence.
- **La segmentation selon le lieu de résidence :** il s'agit de visiteurs locaux appartenant à la localité, de visiteurs régionaux, venant pour la journée, de touristes nationaux, passant au moins une nuit dans la localité ; de touristes étrangers...
- **La segmentation selon les styles de vie :** Une étude de 1997 en France montrait cinq grandes mentalités dans le segment des touristes loisirs :
 - Les « globe-trotters » (20 % du marché) curieux des découvertes culturelles, sportifs, appréciant les services haut de gamme ;
 - Les « vacanciers » (25 % du marché) se déplaçant en famille, le plus souvent à l'occasion des vacances des enfants, cherchant la détente et la nature ;

- o Les « rêveurs » (24 % du marché) cherchant à se ressourcer, à avoir des sensations fortes mais cherchant aussi des repères, de la sécurité ;
- o Les « disciplinés » (16 % du marché) cherchant des voyages organisés, en toute sécurité, du confort ;
- o Les « casaniers » (15 % du marché), qui voyagent rarement et logent chez des parents ou des amis.

En fonction de cette typologie et de ses points d'attractivité, la collectivité territoriale pourra adapter son offre.

3.1.3.2 LA SEGMENTATION DANS LE CAS DE L'IMPLANTATION DES ENTREPRISES.

- Segmentation selon la nature des projets d'implantation : Nous distinguons:
 - o **Les gros dossiers** : Il s'agit de l'installation d'établissements de grande taille, susceptibles d'avoir un fort impact sur l'emploi et l'environnement productif de la zone d'implantation. Ces dossiers ont une dimension éminemment politique et dépassent le cadre d'une simple collectivité territoriale. Ils seront traités en partenariat avec la région et les ministères concernés.
 - o **Les délocalisations d'établissements** : Dans la délocalisation, l'entreprise substitue un lieu d'implantation à un autre. Ce transfert a lieu à un moment stratégique de l'existence de l'entreprise. Cela demande une veille économique et technologique pour proposer de nouvelles implantations sur le territoire, grâce à une politique de réserves foncières dans des zones d'activités.
 - o **Les déménagements internes au territoire** : Ils constituent le gros volume du marché annuel de l'implantation des entreprises. Les décideurs cherchent souvent plus d'espace, un meilleur fonctionnement, mais au sein du même territoire. Les responsables du marketing territorial doivent être à l'écoute des entreprises du territoire et réagir vite, en proposant des lieux à partir des réserves foncières existantes.
 - o **Les nouvelles installations de sociétés existantes** : C'est le segment du marché le plus attrayant. Les implantations commerciales caractérisent la première démarche de l'entreprise. Suite à une étude marketing, celle-ci cherche à attaquer commercialement le marché local. Elle conclut un accord avec un agent commercial ou un réseau de distribution, puis crée un bureau commercial. Les implantations logistiques suivent et complètent les installations commerciales, avec la constitution de stocks à proximité des clients. Les implantations productives sont les plus recherchées, en termes d'emplois directs et indirects. Elles complètent une implantation logistique, d'autant plus que certaines opérations de conditionnement, de montage sont maintenant prises en charge dans les entrepôts gérés par des prestataires logistiques afin de mieux « personnaliser » les produits.
- **La segmentation selon l'attractivité du territoire** : Nous recenserons les secteurs présents et dynamiques sur le territoire et les activités complémentaires avec les activités présentes localement. Nous chercherons ensuite les secteurs-cibles et les régions et pays où ces entreprises sont implantées. Cela donnera à chaque fois un nombre assez restreint d'entreprises qui seront ciblées pour s'implanter sur le territoire. Si le territoire ne présente pas suffisamment de secteurs attractifs, ou si certains secteurs sont en déclin, les responsables du marketing territorial chercheront des secteurs plus dynamiques susceptibles d'employer la main d'œuvre locale.

3.1.4 LE POSITIONNEMENT

Positionner une ville, c'est la «mettre en valeur, de manière optimale, par ses avantages (réels ou perçus) les plus différenciateurs, par rapport aux collectivités définies comme concurrentes et à l'attention des publics pour lesquels cette différence est motivante» (Sperling, 1991). Comme l'affirme Daniel Sperling dans son ouvrage Marketing territorial, les techniques de positionnement mises œuvre pour un produit de grande consommation sont parfaitement applicables à une entité territoriale. Une ville présente en effet des caractéristiques objectives (climat, composition du tissu économique, position géographique, histoire...) qui constituent son image.

Le positionnement, qui consiste à privilégier certains facteurs, certaines dimensions qui, combinées, constitueront la 'carte génétique' du produit concerné, est tout à fait applicable aux villes.

En premier lieu, il faut donc choisir les cibles de la communication. Une ville est confrontée à une multitude de segments de publics qu'il faudra un jour convaincre du bien-fondé de la "politique" qu'elle poursuit. A l'intérieur, il convient de fédérer les habitants autour du projet et des actions mises en œuvre (afin de les mobiliser et d'en faire des ambassadeurs de la ville. À l'extérieur, la segmentation s'effectue avec plus de rationalité. Les investisseurs, les décideurs économiques, les journalistes et d'autres relais d'opinions ont un comportement qui s'attache plus aux avantages concrets offerts.

Il faut ensuite déterminer l'image de la ville que l'on veut promouvoir. Il s'agit d'opter pour une stratégie de différenciation qui vise à donner une personnalité claire à la ville; de façon qu'elle obtienne une place précise dans la conscience des individus qu'ils soient décideurs, électeurs, relais d'opinions, etc.

3.2 LE MARKETING MIX DES VILLES

Dans une optique territoriale, il faut rajouter deux «P», pour «Power» (pouvoirs publics) et «Public» (opinion publique) aux quatre «P» d'un mix du marketing traditionnel (Produit, Place, Prix, Promotion, qui correspondent en marketing territorial à : offre territoriale, localisation, prix des espaces et des services, communication territoriale). Les enjeux correspondant à chacune des dimensions considérées sont les suivants :

3.2.1 LA LOCALISATION

Trois types de stratégies sont couramment adoptés pour valoriser une localisation territoriale:

- Stratégie de leader, si la ville constitue un pôle régional, national, voire international
- Stratégie d'attractivité induite par la présence d'un pôle leader, comme par exemple les villes situées à moins d'une heure d'une capitale ;
- Stratégie de réseau comportant des activités complémentaires ;

Le développement de systèmes de communication permet de désenclaver certains territoires ; le passage à l'ère virtuelle est appelé à révolutionner l'approche de la localisation en privilégiant la notion d'appartenance à des réseaux.

3.2.2 L'OFFRE TERRITORIALE

L'offre territoriale peut être définie comme l'ensemble des activités proposées par le territoire considéré, en l'occurrence la ville.

L'analogie avec la logique d'une entreprise peut être poussée jusqu'à considérer l'existence d'un véritable «portefeuille d'activités ». Un tel outil autorise une lecture réellement critique de l'économie d'une ville, de son potentiel de développement.

3.2.3 PRIX DES ESPACES ET DES SERVICES

Dans une optique territoriale, le prix attribué à une localisation demeure difficile à appréhender car il se compose d'une multitude de variables : prix de l'espace, fiscalité, prix de l'énergie, des transports, coût de la main-d'œuvre, etc.

3.2.4 LA COMMUNICATION TERRITORIALE

La communication territoriale est constituée par l'ensemble des actions implicites ou explicites qui expriment le positionnement et la stratégie du territoire à l'égard de ses cibles. Les actions explicites concernent, d'une part, les opérations de communication destinées à forger l'image de la ville sur le marché de l'implantation et, d'autre part, les opérations d'information et de prospection directe ayant une perspective d'impact à court terme

Les villes emploient une grande variété d'outils de communication : les supports documentaires (plaquettes, dossiers économiques, lettres d'informations, etc.), les actions de communication médiatisée, les occasions de contact direct avec les décideurs d'entreprises (mailing, opérations de relations publiques notamment à l'étranger, participation ou organisation de salons...). Du point de vue des supports utilisés, la presse représente l'essentiel des actions menées : annonces publicitaires ou rédactionnelles, dans une vingtaine de journaux ou de magazines privilégiés, toujours dirigés vers le public des cadres d'affaires.

En général, les villes font appel simultanément à plusieurs supports complémentaires : quotidiens, presse d'affaires, presse nationale, presse internationale... La télévision et la radio sont aussi de plus en plus souvent présentes parmi les supports utilisés, mais leur rôle demeure limité. Les campagnes d'affichage, utilisées à l'échelle locale et parfois nationale, font aussi partie de la panoplie des actions de communication des villes.

3.2.5 DECIDEURS TERRITORIAUX ET OPINION PUBLIQUE

Sur le marché de l'implantation, l'offre n'est pas maîtrisée par un ensemble homogène d'acteurs. La structure de ce marché se révèle en réalité d'une extrême complexité, à la fois pour l'identification des intervenants ou la compréhension des processus de commercialisation et des relations de pouvoirs entre les acteurs. Sur un territoire donné tel qu'une agglomération urbaine, on dénombre très vite plus d'une dizaine d'acteurs, de métiers différents intervenant sur un projet d'implantation particulier, constituant un véritable réseau.

Chacun de ces intervenants maîtrise une dimension limitée de l'offre globale d'implantation : la commune, le Conseil général, le Conseil régional, la Chambre de commerce et d'industrie, la structure de développement économique, les commerciaux, la société de reconversion, les structures de financement, pour citer les plus systématiques, se partagent des éléments complémentaires, quelquefois concurrents de l'offre globale d'implantation.

En effet, si ces réseaux présentent une grande similitude d'une ville à l'autre, ils témoignent parallèlement d'une grande hétérogénéité du rôle et du poids de ces acteurs. Nous relevons ainsi la présence simultanée de relations de coopération, de concurrence ou de conflit au sein d'un réseau considéré, ou l'existence de sous-réseaux à l'intérieur du réseau local global.

3.3 LES 8 PRINCIPES A RESPECTER POUR MENER UN BON MARKETING TERRITORIAL

Vouloir mener une politique de marketing territorial suppose de suivre une démarche cohérente et aussi de respecter un certain nombre de principes dès l'origine. Ces principes sont au nombre de huit. Ils sont présentés ci-après.

3.3.1 NE PAS CONFONDRE MARKETING D'ENTREPRISE ET MARKETING TERRITORIAL

Longuement et précisément évoqués par Hubert Brossard puis Fabrice Hatem, il est essentiel de retenir qu'une différence majeure entre l'entreprise et le territoire tient au degré de maîtrise de l'offre. Une entreprise contrôle intégralement son offre de produits et services à partir de son outil de production. En revanche, un décideur territorial ne maîtrise qu'une partie de son offre, le plus souvent une partie marginale. L'offre territoriale combine des biens tangibles (infrastructures, immobilier, ressources naturelles, etc.) et des services qui sont la résultante d'une juxtaposition d'actions passées, présentes et voire futures effectuées par une multitude d'acteurs privés, publics ou associatifs. Le contrôle de la « chaîne de production territoriale » est donc relativement faible par le responsable public ce qui impose d'autant plus de se placer dans un cadre collectif lorsque l'on envisage une valorisation du territoire.

3.3.2 IDENTIFIER L'ECHELLE GEOGRAPHIQUE PERTINENTE : LA DESTINATION

Le marketing territorial se doit d'être adapté à l'échelle géographique la plus pertinente au regard du public auquel il s'adresse. Le marketing territorial vend une destination adaptée au client et non pas un découpage administratif ! Or, trop souvent, on ne peut que constater que le marketing territorial est confondu avec de la communication territoriale institutionnelle. Celle-ci, nécessaire pour le responsable public ou le citoyen, reste trop centrée sur la mise en valeur des actions de la collectivité territoriale dans son périmètre géographique d'intervention. Bien souvent cette échelle géographique, fondée sur un découpage administratif, ne coïncide pas avec le territoire économique pertinent pour l'entreprise. Le défi est donc de rassembler les acteurs de l'offre territoriale afin de produire ensemble une analyse puis une stratégie marketing collective.

3.3.3 S'ORGANISER ET ORGANISER LA DÉMARCHE

Réussir une démarche de marketing territorial repose sur la constitution d'une équipe motivée et organisée. La présence d'une agence de développement économique place celle-ci en situation « naturelle » de support à cette démarche, même si elle doit pour cela parfois agir sur une aire géographique différente de celle de son périmètre habituel. Mais, l'agence ne peut pas et ne doit pas agir seule. Son action doit passer par la mobilisation des acteurs économiques clés. Il faudra également constituer une importante base d'informations économiques et concurrentielles afin de faciliter et renforcer la démarche d'ensemble de marketing territorial. La dimension méthodologique et organisationnelle est grande. Le risque d'éparpillement ou de perte est grand si l'équipe projet n'adopte pas une démarche d'organisation permettant de réduire le degré de complexité de l'exercice marketing. Le Plan d'Actions Attractivité, en Ile-de-France, s'inscrit dans cette perspective.

3.3.4 MOBILISER LES ACTEURS POUR CONSTRUIRE ET AGIR COLLECTIVEMENT

Dans ce contexte, les démarches individuelles de promotion et prospection deviennent de plus en plus difficiles à rentabiliser. Il est nécessaire de faire évoluer son portefeuille d'actions, notamment par le développement des actions collectives aux dépens des actions individuelles. Le rôle du marketer territorial sera double : réussir la mobilisation collective tout au long de la démarche et jouer, par moment, son rôle d'opérateur parmi les autres.

Le mode d'organisation universelle de cette démarche collective n'existe pas car il varie selon les contextes. On peut néanmoins constater quelques lignes forces. L'exemple de Lyon est particulièrement emblématique d'une démarche de mobilisation réussie d'acteurs économiques, publics et privés.

3.3.5 CRÉER DE LA CONFIANCE

La confiance est un ciment essentiel en marketing territorial. Elle doit se retrouver à plusieurs niveaux :

- En amont, entre les acteurs porteurs de l'offre territoriale, et aussi sur l'ensemble de la chaîne des acteurs contribuant à la promotion et l'accueil d'investisseurs ;
- Dans la relation entre l'investisseur potentiel et les acteurs du territoire.

La confiance ne se crée par instantanément, il faut lui laisser le temps de s'installer et de s'épanouir.

3.3.6 ETRE TRANSPARENT

La transparence est une pratique nécessaire en matière de construction d'une stratégie collective de marketing territorial. Tout au long du processus, tous les partenaires impliqués doivent avoir accès à l'ensemble des informations disponibles.

L'utilisation d'outils tels que les blogs, extranet, réseaux sociaux (Viadeo, Facebook) ou wiki facilitent désormais le partage de l'information nécessaire au travail collectif et ceci à moindre coût. L'accès à l'information doit être identique sur le volet opérationnel c'est-à-dire pour le suivi du déroulement des actions et le bilan des actions collectives.

3.3.7 S'APPUYER SUR LA STRATEGIE ECONOMIQUE TERRITORIALE

De l'avis de la plupart des responsables d'agences de développement économique et de services de développement économique, concevoir et piloter une stratégie marketing est facilitée si le territoire dispose en amont d'une stratégie économique territoriale. Parmi les exemples : l'efficacité des agences londonienne - les London Development Agency : (LDA) et Think London - tient à la toile de fond de la stratégie économique de Londres conçue pour la période 2005 – 2016. En effet, ce schéma positionne les ambitions de la capitale anglaise en matière d'attractivité internationale ;

3.3.8 PLACER LA SATISFACTION DU CLIENT AU CŒUR DE LA DEMARCHE

Le marketer territorial doit avoir pour ambition de placer la compréhension et la satisfaction des attentes des clients au cœur de la démarche. Il est impératif de « penser client ». Ce faisant, on ira chercher dans l'offre territoriale ce qui répond aux attentes du client plutôt que de chercher à valoriser à tout prix l'offre territoriale dans son ensemble.

4 CAS DU PARC INDUSTRIEL DE SETTAT « SETTAPARK »

Ce parc a été le fruit d'un partenariat Franco-Marocain d'essaimage des parcs industriels de nouvelle génération aux autres régions du Royaume. La déclaration finale est la suivante :

« Les deux parties se félicitent du partenariat fructueux entre la Chambre Française de Commerce et d'Industrie du Maroc et le Ministère de l'Industrie, du Commerce et des nouvelles Technologies dans le domaine des infrastructures d'accueil industriel, ayant abouti à l'établissement d'un parc industriel à Bouskoura (Casablanca) et à la signature d'une convention cadre pour l'aménagement, la promotion, la commercialisation et la gestion d'un deuxième parc industriel de nouvelle génération, à Oulad Saleh (Casablanca). Les deux parties entendent consolider ce partenariat par l'essaimage du concept à d'autres régions du Royaume du Maroc ».

Cette initiative représente une capitalisation sur les deux expériences réussies menées par la CFCIM et l'Etat Marocain sur Bouskoura et Ouled Salah, et s'inscrit dans le pacte national pour l'émergence industrielle.

4.1 DÉTAILS DE L'OFFRE « SETTAPARK »

Le modèle adopté est le suivant :



UNE OFFRE LOCATIVE COMPLETE

EQUIPEMENTS	GUICHET UNIQUE	SERVICES PRATIQUES	TARIFS COMPETITIFS
• Voiries de grande emprise, • Réseau anti-incendie, • Réseau d'eau potable, • Réseau électrique MT/BT, • Téléphonie et fibres optiques, • Vidéosurveillance, • Réseau d'assainissement séparatif.	• Aide à la création d'entreprises, • Assistance à l'obtention de l'autorisation de construire, • Conseil technique et suivi de chantiers, • Bourse d'emploi.	• Ramassage des déchets, • Nettoyage et entretien des voies et des équipements communs, • Sécurité/vidéosurveillance, • Salle multifonctions, • Banque, • Restauration collective, • Commerces, Pharmacie, Médecine du travail, • Station de services.	• Loyer des terrains: 5 à 6 dhs/m²/mois^(*), (*) Hors charges et TVA récupérable de 20%.

C'est une offre locative complète, offrant un équipement adapté aux entreprises désireuses s'implanter, avec un guichet unique et un seul interlocuteur, des services de support et des tarifs très compétitifs. L'objectif étant une symbiose parfaite entre la société de gestion, la commune et le CRI, une accélération des délais de traitement des demandes d'autorisation de construire, et la simplification de la procédure d'autorisation.

Cette dernière se résume comme suit :

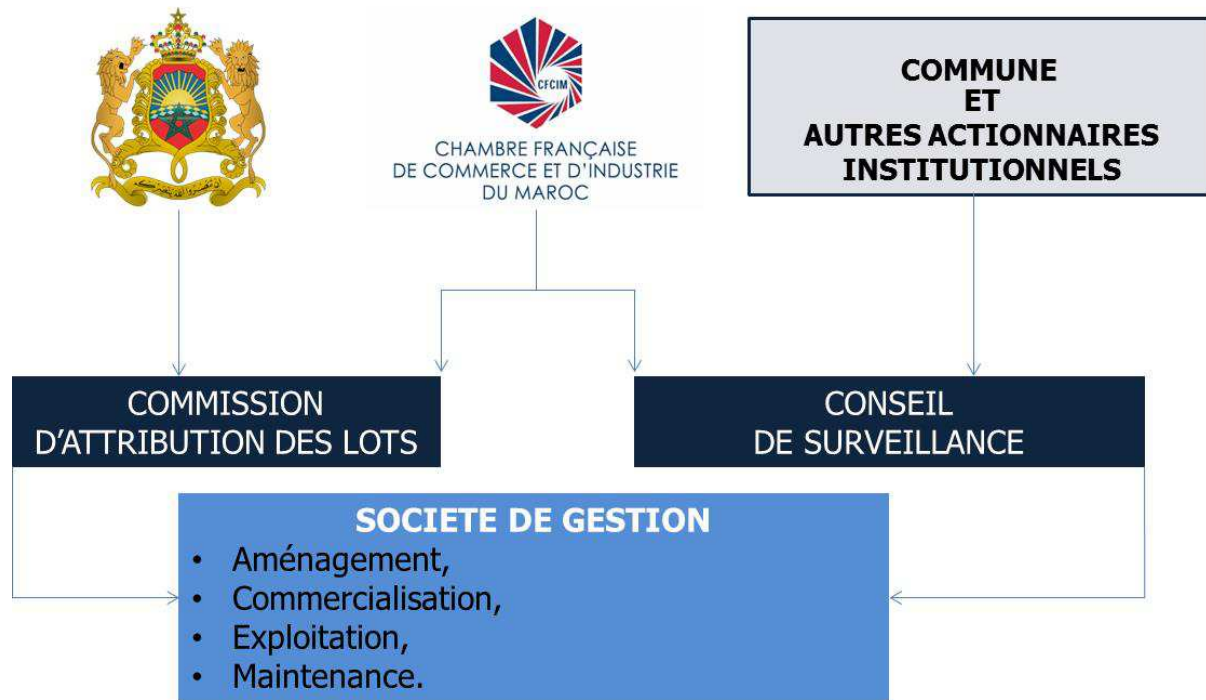
- Phase pré-dépôt de la demande : la société de gestion assure la pré-instruction des dossiers de demande d'autorisation de construire pour veiller au respect du cahier des charges,
- Phase d'autorisation : la société de gestion dispache les dossiers auprès des services concernés. Le dossier est instruit conformément à une procédure rapide concertée avec le CRI, la commune, l'AUS et la province.
- Phase de suivi : la société de gestion assure le suivi technique du chantier de construction pour veiller au respect des plans autorisés. Elle prévient les services compétents de tout dépassement ou infraction.

4.2 GOUVERNANCE « SETTAPARK »

Le capital est de 40 Millions de Dirhams réparti comme suit :

- 16.91% appartenant à la municipalité de Settat
- 81.84% appartenants aux investisseurs institutionnels à savoir : Banque Marocaine du Commerce International (BMCI), FinanCom, Attijari WafaBank, La Société Générale Marocaine des Banques (SGMB) et Crédit du Maroc (CDM)/
- 1.25% par la chambre de commerce, d'industrie et de services de Settat.

La gouvernance est dessinée comme suit :

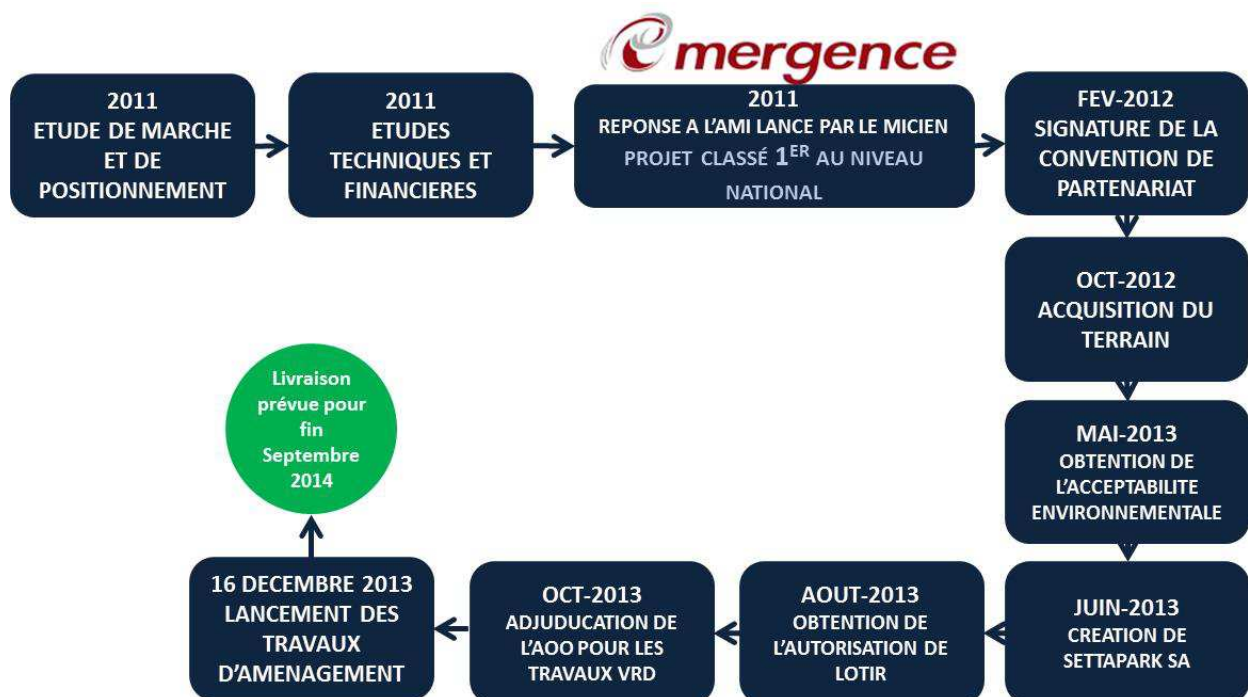


L'objectif est d'avoir un processus transparent impliquant toutes les parties prenantes et qui ait des retombées socio-économiques pour la ville de Settat. Les buts escomptés étant :

- Création de 4000 emplois directs et 3000 emplois indirects à travers les 85 entreprises implantées.
- La production d'un flux financier important pour la commune, issu des taxes payées par les industriels et par les dividendes perçues.

4.3 LA PROCEDURE DE CREATION DE « SETTAPARK »

Depuis l'étude de marché réalisée en 2011, les étapes se sont succédées jusqu'à une livraison réalisée en Septembre 2014.



4.4 COMMUNICATION« SETTAPARK »

Plusieurs communications ont été réalisées à travers des :

- Articles de presse dans les journaux économiques (Leconomiste, le Matin, VIEéco...)
- Insertions publicitaires dans les Magazines et les portails spécialisés (Mètre Carré, VIEéco...)
- Forums et rencontres de la CFCIM (Forum de partenariat France-Maroc)
- Speeches radio dans les chaînes les plus écoutées (Atlantic Radio),
- Brochures et mailings diffusés au réseau de l'Eurocham, aux Services économiques des Ambassades, et au réseau de l'UCCIFE,
- Site Web: www.settapark.com (En cours de construction)

5 CONCLUSION

Le marketing territorial a beaucoup évolué dans la théorie et surtout dans les pratiques parce que la mondialisation de l'économie a élargi les espaces concurrentiels. Ainsi les territoires (villes et régions) sont obligés de se positionner par rapport aux autres dans la compétition internationale. Puis la valorisation des acteurs locaux (développement local, décentralisation administrative, etc.) oblige les décideurs à mettre en valeur leur espace, et ainsi à se démarquer des concurrents. La spécificité territoriale (l'affirmation de la différence) devient une valeur économique (qualitative) que les responsables locaux communiquent volontiers.

Le marketing territorial est devenu une réalité de la vie économique, politique et sociale. Il a commencé à bouleverser la représentation spatiale et ainsi a influencé notre perception de la réalité géographique.

REFERENCES

- [1] **Kotler et Dubois** (11ème édition : 2004), *"Marketing management"*. Edition: Pearson education. Editeur: Delphine Manceau.
- [2] **Stratégor** (3^{ème} édition : 1993), *« Politique générale de l'entreprise »*. Editions: Dunod.
- [3] **Gollain.V** (2010), *« Réussir sa démarche de marketing territorial »*. Editions : territorial.
- [4] http://coursenligne.univ-artois.fr/Aes/Marketing_territorial/Plan_Marketing_territorial.pdf
- [5] http://fabrice.hatem.free.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=984&Itemid=45
- [6] <http://www.marketing-territorial.over-blog.com>
- [7] http://www.sciencescom.org/media/SC%20SERVICES/42-Marketing_territorial.pdf
- [8] <http://attractivite-des-territoires.over-blog.com/>
- [9] <http://www.cdeif.net/>

