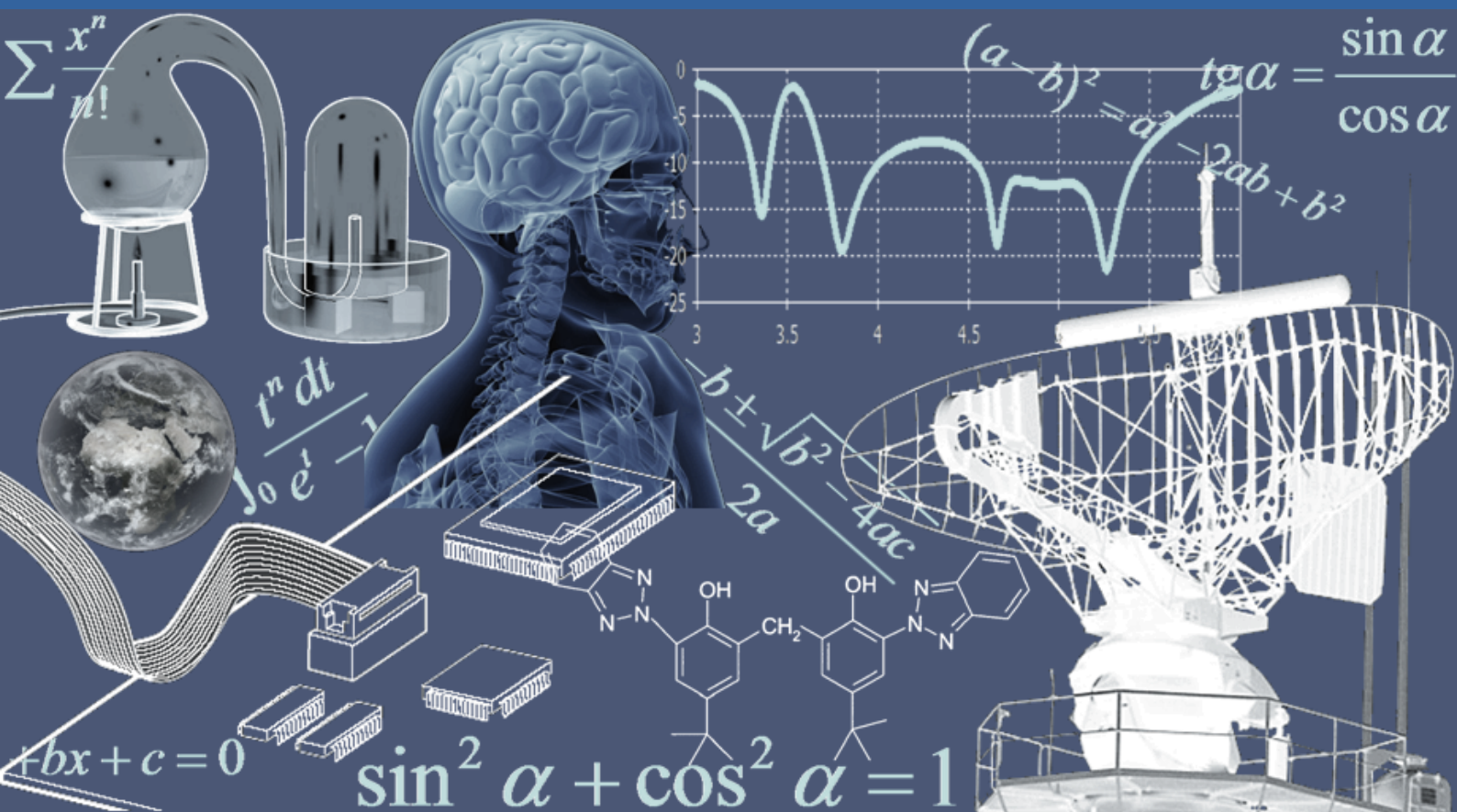


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 13 N. 2 October 2015



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

Variabilité hydropluviométrique et dynamique de l'occupation des terres dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri au Bénin (Afrique de l'Ouest) <i>Soufouyane Zakari, Brice Agossou Hugues Tente, Ismaïla Toko Imorou, Ibouaïma Yabi, Fulgence AFOUDA, and Benoît N'Bessa</i>	235-250
Variations électrolytique des sécrétions génitales de la vache au cours d'un cycle œstral <i>Samira FRIHA and Ramdhane GUERRI</i>	251-256
PHÉNOLOGIE DES ARDÉIFORMES DE LA ZONE HUMIDE FOUARAT DE KÉNITRA (MAROC) <i>Mostafa Fareh, Franchimont Jacques, Omar El Rhaouat, Driss Belghyti, and Khadija El Kharrim</i>	257-267
Extraction, dosage quantitatif et qualitatif des pectines de la paroi des gousses de <i>Retama monosperma</i> (L.). Boiss poussant dans des conditions naturelles dans le littoral ouest <i>Nadia Bouredja and Zoheir Mehdadi</i>	268-273
ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES EAUX USEES REJETEES PAR LA SOCIETE SURAC DAR GUEDDARI (MAROC) <i>Fadoua Jeddi, Houssine Boussalwa, Ahmed El Harfi, Sanae Sadek, and Dounia Bassir</i>	274-280
DEVELOPMENT OF A CRUCIBLE FURNACE FIRED WITH SPENT ENGINE OIL USING LOCALLY SOURCED MATERIALS <i>A. A. Olalere, O. A. Dahunsi, M. A. Akintunde, and M. O. Tanimola</i>	281-288
Problématique des lixiviats des déchets ménagers et traitement par UASB: cas de la ville de kasba tadla <i>Fatima BENYOUCEF, Abderrahman EL GHMARI, and Aziz OUATMANE</i>	289-298
The fishing strategy of foreign seiners in relation to spatial dynamics of the Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) in the North western African Atlantic region: Case of Spanish fleet fishing in the area between Cap boujdour and cap Blanc <i>Amina Oulmalem, Naoki Tojo, Rachida Houssa, Aziza Lakhnigue, Najib Charouki, and Mustapha Hakdaoui</i>	299-308
The Behavioral Intention to Implement Sustainable Waste Management on Primary School Students in City of Padang, Indonesia <i>Aria Gusti, Bernard Isyandi, Syaiful Bahri, and Dedi Afandi</i>	309-315
Connaissance endogène et utilisations du <i>Moringa oléifera</i> pour les populations autochtones de huit départements du Bénin <i>Cherif Alidou, Adam Salifou, Fidèle P. Tchobo, and Mohamed M. Soumanou</i>	316-326
Sur l'ellipticité des équations non linéaires pour une certaine classe de matériau isotrope et compressible <i>Edouard Diouf</i>	327-334
The Impact of Proposed Photography Program on The Development of Creative Abilities of Third grade Students at Intermediate school In Jeddah <i>Fathi Abu Nasser</i>	335-347
Effect of plant growth regulators on <i>Helianthus annuus</i> L. callus induction <i>Khadiga Gaafar Abd Elaleem, Badr Eldin A.E. Saeed, and Magda Mohamed Ahmed</i>	348-354
Paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve dans le bassin sédimentaire du Moungo (Ouest Cameroun) <i>Christel Kemteu SOBDJOU, François Bidzang NDONG, and Joseph Mvondo ONDOA</i>	355-367
Apport des linéaments satellitaires pour la recherche des indices aurifères du massif éburnéen de Ngovayang au sud Cameroun (Craton du Congo) <i>François Bidzang NDONG, Eric José Ottou MESSI, Martial Sylvestre NTOMBA, Martial Joseph AKAM, and Joseph Mvondo ONDOA</i>	368-376
Gouvernance locale et pauvreté rurale en Tunisie : une analyse de la causalité au sens de Granger <i>Sonia Manai and Lamia Arfaoui</i>	377-385
Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire) <i>Guy Richard IRIE, Gneveyougo Emile SORO, and Tié Albert GOULA BI</i>	386-397
Mesurer l'impact du Management des Ressources Humaines sur la Performance de l'entreprise : Cas de la	398-414

société « Source Marrakech »

Amal LAALOU and Lamia EL GUERMAI

Conduite au volant sous l'emprise de substances psycho actives au Maroc 415-419

R. B. Maataoui, B. Almasrar, S. B. Maataoui, Y. Koulali, and S. Hilali

Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC 420-429

Mohammed AL-QAWATI, Youssef Azami Idrissi, Ali Alemad, Isslam BELHAILL, Ikram MARC, Fouzia BAICHOUTI, Khadija El Kharrim, and Driss Belghyti

The elderly color's preferences to be used in designing Printed Upholstery Fabrics 430-451

Sohair Mahmoud Othman, Rania Elsayed Elaraby Mohamed Elmasry, and Shaimaa Abd El Aziz Shaker

Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine d'UMA en République Démocratique du Congo 452-463

J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, and K.N. Ngbolua

Le Lean Six Sigma et son développement en Afrique 464-471

Rachid WAHABI, Hicham DRISSI, and Nada SOUDI

Physico chemical Characterization of Playgrounds Soils of public Schools in Owerri Metropolis, Imo State, Nigeria 472-480

Evelyn N. Verla, Horsfall M. Inr, and A.I. Spiff

STANDARD LANGUAGE THEORY AND ITS ANALYTICAL APPLICATION ON NEW IDIOMS AND IDIOMATIC EXPRESSIONS IN YORUBA 481-487

Dayo Akanmu

Variabilité hydropluviométrique et dynamique de l'occupation des terres dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri au Bénin (Afrique de l'Ouest)

[Hydropluviometric variability and dynamic of land cover in the catchment of Sota at the outlet of Coubéri in Benin (West Africa)]

Soufouyane ZAKARI¹⁻³, Brice Agossou Hugues TENTE², Ismaïla TOKO IMOROU¹, Ibouaïma YABI³, Fulgence AFOUDA³, and Benoît N'BESSA⁴

¹Laboratoire de Cartographie, (LaCarto),
Université d'Abomey-Calavi,
10 BP 1082, Cotonou, Bénin

²Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE),
Université d'Abomey-Calavi,
BP : 677 Abomey-Calavi, Bénin

³Laboratoire Pierre PAGNEY "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" (LACEEDE),
Université d'Abomey-Calavi,
BP 922, Abomey-calavi, Bénin

⁴Laboratoire d'Etude des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR),
Université d'Abomey-Calavi,
01 BP : 526 Cotonou, Cotonou, Bénin

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study aims to analyze the hydropluviometric variability and the dynamic of land cover in the catchment of the Sota located at the North-east of Benin. It is based on the exploitation, on one hand, of rainfall and runoff data over the period 1965-2010 and, on the other hand, of satellite images Landsat TM of 1995 and Landsat 8 OLI/TIRS of 2013. The calculation of rainfall and hydrometric index and the application of statistical tests were used to analyze the hydropluviometric variability in the catchment of Sota. This variability is marked by similar fluctuations of rainfall and runoff. The break identified on rainfall and hydrometric series in 1970 is followed by a rainfall deficit of 6,76 % and a flow deficit of 33,75 %. The analysis of land cover maps produced from satellite images made it possible to release the land cover dynamic. This dynamic is characterized by the regression of natural vegetation formations to the profit of anthropic formations. The crops areas and fallows knew the greatest expansion with an annual growth rate of 6, 16 %. The degradation of the vegetation cover is undoubtedly one of the factors of the persistence of the relatively high level of the hydrometric deficit in the watershed of Sota.

KEYWORDS: Sota, North-Benin, hydropluviometric variability, vegetation cover, statistical tests.

RÉSUMÉ: La présente étude vise à analyser la variabilité hydropluviométrique et la dynamique de l'occupation des terres dans le bassin versant de la Sota situé au Nord-est du Bénin. Elle se base sur l'exploitation, d'une part des chroniques de hauteurs de précipitations annuelles et de débits annuels de la Sota à Coubéri sur la période 1965-2010 et d'autre part des images satellitaires Landsat TM de 1995 et Landsat 8 OLI/TIRS de 2013. Le calcul des indices pluviométrique et

hydrométrie ainsi que l'application des tests statistiques ont permis d'analyser la variabilité hydropluviométrique dans le bassin versant de la Sota. Cette variabilité est marquée par des fluctuations comparables des précipitations et des écoulements. La rupture identifiée sur les séries pluviométrique et hydrométrique en 1970 se traduit par un déficit pluviométrique de 6,76 % et un déficit d'écoulement de 33,75 %. L'analyse des cartes d'occupation des terres réalisées à partir des images satellitaires a permis de dégager la dynamique de l'occupation des terres. Cette dynamique est caractérisée par la régression des formations végétales naturelles au profit des formations anthropiques. Les champs et jachères ont connu la plus grande expansion avec un taux annuel de 6,16 %. La dégradation de la couverture végétale est sans doute un des facteurs de la persistance du niveau relativement élevé du déficit hydrométrique dans le bassin de la Sota.

MOTS-CLEFS: Sota, Nord-Bénin, variabilité hydropluviométrique, couverture végétale, tests statistiques.

1 INTRODUCTION

Les déficits pluviométriques observés en Afrique de l'Ouest au cours des décennies 1970 et 1980, et leurs effets cumulés ont largement affecté les régimes des cours d'eau de la région. Les écoulements des grands cours d'eau ont en général baissé de plus de 30 % et parfois même dépassé de 50 % ([1], [2], [3]). L'hydraulicité des cours d'eau a également été affectée avec une diminution marquée de la puissance des crues. Le bassin de la Sota, sous-bassin du fleuve Niger au Bénin, n'a pas été épargné par cette situation. En effet, selon les résultats des travaux de [4], on retient les faits suivants sur ce bassin versant :

- une rupture de stationnarité a été enregistrée en 1972 dans la série des précipitations annuelles du bassin. La sous-période après la rupture (1973-1992) a connu un déficit pluviométrique de 12 % par rapport à la sous-période avant la rupture (1960-1972) ;
- le déficit d'écoulement a été de 40 % entre les sous-périodes avant et après rupture. Le déficit pluviométrique observé sur le bassin s'est accentué de plus de trois fois sur les écoulements ;
- le début des années 1990 a été marqué par un retour à de meilleures conditions pluviométriques. Ce dernier constat a été confirmé par d'autres travaux : sur le même bassin par [5], de façon générale pour la plupart des stations météorologiques du Nord-est du Bénin par [6] et ailleurs en Afrique ([7], [8]). Globalement donc la dernière plus longue période de sécheresse pluviométrique sur le bassin de la Sota a duré une vingtaine d'années (1970-1990).

L'amplification des déficits pluviométriques sur les écoulements a été observée sur d'autres bassins versants ailleurs en Afrique ([1], [9], [10], [11]). Elle serait liée à l'effet conjugué de la variabilité climatique et des activités humaines sur les états de surface ([12], [13], [14]). Concernant le bassin de la Sota, la question qu'on peut se poser est celle de savoir quel est l'état actuel de l'écoulement de surface deux décennies après le retour à de conditions de précipitations plus abondantes. Par ailleurs, l'étude de [5] sur le bassin de la Sota a montré que cet espace subit la dégradation de sa couverture végétale. Les causes principales de cette dégradation sont d'ordre anthropique (pratiques agricoles, élevage transhumant, feux de végétation, exploitation frauduleuse abusive du bois). C'est pourquoi l'hypothèse de la présente recherche est que malgré le retour à une bonne pluviométrie, les déficits d'écoulement persistent dans le bassin de la Sota du fait surtout de la dégradation continue de la couverture végétale du bassin. Le présent travail vise donc à analyser la variabilité hydropluviométrique et la dynamique de l'occupation des terres dans le bassin versant de la Sota.

2 MILIEU D'ÉTUDE

Le secteur d'étude est le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Coubéri (figure 1). Il est compris entre les latitudes 9°54' et 11°55' Nord et les longitudes 3°33' et 3°46' Est. Il couvre une superficie de 13410 Km², soit 11 % de la superficie du Bénin (Koumassi, 2014). La Sota prend sa source à plus de 400 mètres d'altitude sur les flancs du plateau gréseux de Kalalé qu'elle va contourner par le nord avant d'emprunter la direction SSW-NNE sur les formations du socle.

Le bassin versant de la Sota bénéficie d'un climat tropical de type soudanien caractérisé par une saison sèche allant d'octobre à avril et une saison pluvieuse de mai à septembre. La moyenne interannuelle des précipitations dans le bassin à l'exutoire de Coubéri est 1028 mm sur la période 1965-2010. Pendant la saison sèche, le bassin est aussi influencé par l'harmattan qui est un vent sec de direction nord-est ([15], [14]). La Sota a un régime hydrologique unimodal avec un débit maximal en saison des pluies. La température moyenne annuelle est de 27° C à Kandi. Quant à la moyenne mensuelle, elle passe de 25° à 32° C entre décembre et avril.

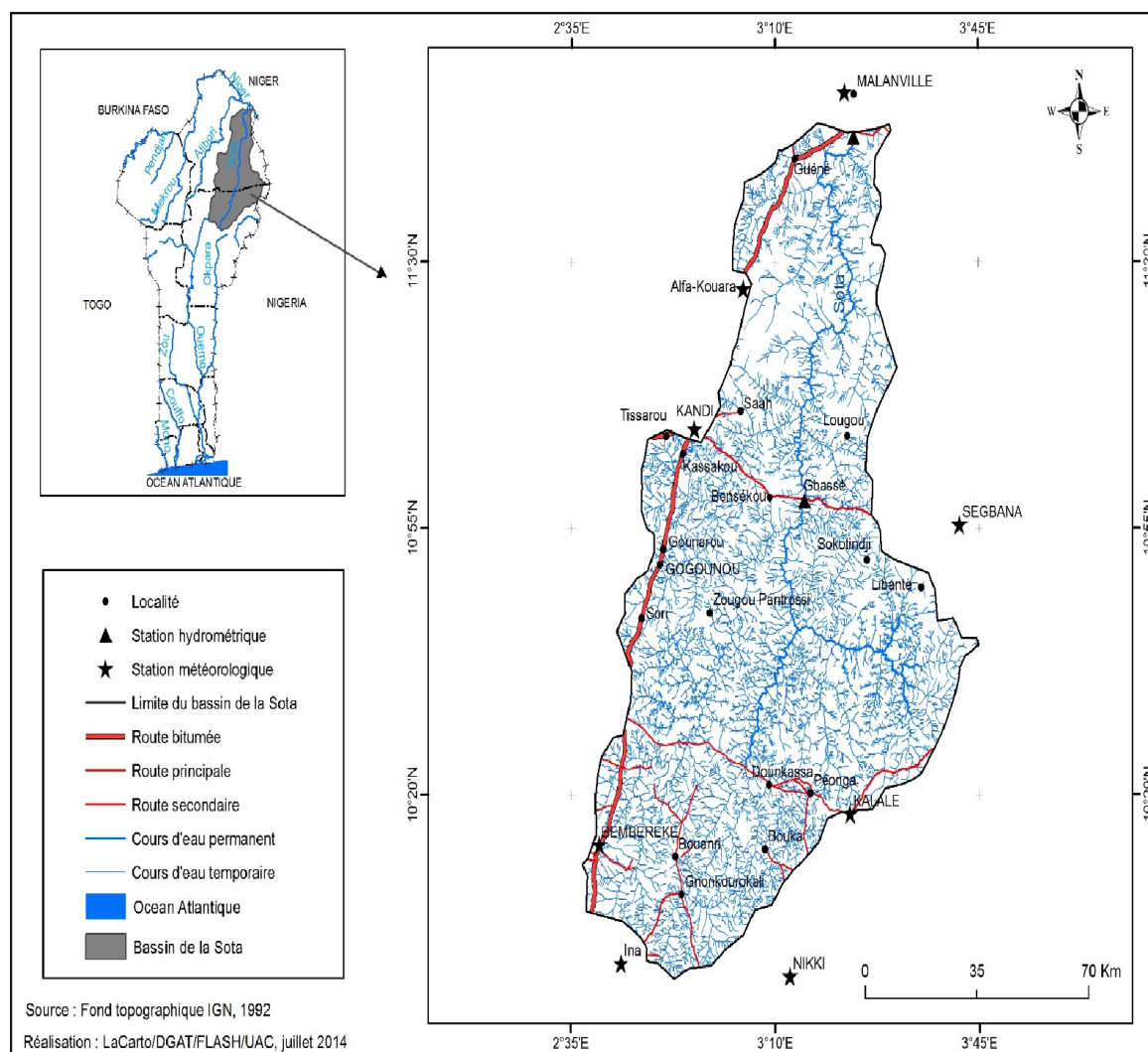


Fig. 1. Localisation du bassin versant de la Sota à l'exutoire de Coubéri

3 DONNÉES ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES

Les données utilisées dans la présente étude sont constituées des :

- **données pluviométriques** : ce sont des chroniques de hauteurs pluviométriques annuelles de huit (8) stations météorologiques localisées dans le bassin versant ou dans son voisinage au Bénin (tableau 1). Ces chroniques couvrent la période de 1965 à 2010 et sont obtenues à l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) et au Laboratoire Pierre PAGNEY "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" (LACEEDE) de l'Université d'Abomey-Calavi.

Tableau 1. Caractéristiques des stations météorologiques utilisées

Stations	Latitude Nord	Longitude Est	Année d'ouverture	Nature de la station
Alfakoara	11°27'	3°04'	1969	Pluviométrique
Bembèrèkè	10°12'	2°40'	1921	Pluviométrique
Ina	9° 58'	2°44'	1944	Climatique
Kalalé	10°18'	3°23'	1944	Pluviométrique
Kandi	11°08'	2°56'	1921	Synoptique
Malanville	11°52'	1°39'	1942	Pluviométrique
Nikki	9°56'	3°12'	1921	Pluviométrique
Ségbana	10°56'	3°42'	1954	Climatique

- **données hydrométriques** : ce sont des chroniques de débits annuels de la station de Coubéri (tableau 2) localisée à l'exutoire du bassin. Les données débitométriques couvrent la période de 1965 à 2010 et sont collectées à la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau).

Tableau 2. Caractéristiques de la station de Coubéri

Station hydrométrique	Coordonnées		Superficie (Km ²)
	Latitude (N)	Longitude (E)	
Sota à Coubéri	11° 45'	3° 20'	13 410

- **images satellitaires** : Pour l'analyse et la cartographie de la dynamique de l'occupation des terres, les images mosaïquées Landsat TM du 26 octobre 1995 et les images mosaïquées Landsat 8 OLI/TIRS du 07 novembre 2013 ont été exploitées. Les scènes mosaïquées sont : P192 et R052, P191 et R052, P192 et R053, P191 et R053. Ces différentes images ont été téléchargées sur le site earthexplorer.usgs.gov au format GEOTIFF.

3.2 MÉTHODES DE TRAITEMENTS DES DONNÉES

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour traiter et analyser les données et les résultats.

3.2.1 RÉGIONALISATION DES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

C'est la méthode des polygones de Thiessen qui a été utilisée pour la régionalisation des données pluviométriques. Cette méthode permet d'estimer des valeurs pondérées en prenant en considération chaque station pluviométrique. Elle affecte à chaque pluviomètre une zone d'influence dont l'aire, exprimée en pourcentage (%), représente le facteur de pondération de la valeur locale. La précipitation moyenne sur le bassin s'obtient par la formule :

$$P_{moy} = \sum A_i \cdot P_i / A \quad (1)$$

Avec, P_{moy} : précipitation moyenne sur le bassin, A : aire totale du bassin, P_i : précipitation enregistrée à la station i , A_i : superficie du polygone associée à la station i .

3.2.2 CALCUL DES INDICES PLUVIOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE

Le calcul des indices pluviométriques et hydrométriques permet de dégager les grandes tendances dans les séries chronologiques. A l'échelle interannuelle, ils permettent de mettre en évidence les phases déficitaires et les phases excédentaires. Ils sont calculés à partir de la formule suivante :

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)} \quad (2)$$

x'_i = variable centrée réduite pour l'année i (indice pluviométrique ou hydrométrique selon la variable étudiée) ;

$\bar{x}$ = moyenne de la série chronologique sur la période 1965-2010

$\sigma(x)$ = écart-type de la série chronologique sur la période 1965-2010.

L'indice pluviométrique est bien adapté au suivi des variations de la dynamique de la végétation en relation avec l'évolution de la pluviométrie [16].

3.2.3 FILTRE PASSE BAS DE HANNING D'ORDRE 2

Le Filtre Passe Bas de Hanning d'ordre 2 a également été utilisée pour avoir une meilleure visualisation des tendances. Cette méthode permet d'éliminer les variations saisonnières des données. Ce filtre est effectué au moyen des équations recommandées par [17]. Selon cette méthode, chaque terme de la série est calculé de la manière suivante :

$$X_{(t)} = 0,06x_{(t-2)} + 0,25x_{(t-1)} + 0,38x_{(t)} + 0,25x_{(t+1)} + 0,06x_{(t+2)} \quad (3)$$

Pour $3 \leq t \leq (n - 2)$

$$X_{(1)} = 0,54x_{(1)} + 0,46x_{(2)} \quad (4)$$

$$X_{(2)} = 0,25x_{(1)} + 0,50x_{(2)} + 0,25x_{(3)} \quad (5)$$

$$X_{(n-1)} = 0,25x_{(n-2)} + 0,50x_{(n-1)} + 0,25x_{(n)} \quad (6)$$

$$X_{(n)} = 0,54x_{(n)} + 0,46x_{(n-1)} \quad (7)$$

Pour mieux visualiser les périodes de déficit et d'excédent pluviométrique et d'écoulement, ces moyennes mobiles pondérées sont ensuite centrées et réduites en utilisant la formule (2).

3.2.4 RECHERCHE DE TENDANCE ET DE RUPTURE DE STATIONNARITE DANS LES SERIES CHRONOLOGIQUES

Pour mettre en évidence le caractère stationnaire ou non des séries chronologiques pluviométrique et hydrométrique, il a été utilisé des tests statistiques portant sur l'analyse de tendance et de rupture en moyenne.

Le terme de tendance fait référence au changement dans les propriétés d'un processus aléatoire qui survient graduellement à l'échelle de la période d'échantillonnage alors qu'une rupture correspond à une modification qui survient subitement, étant entendu que les propriétés demeurent stables de part et d'autre de l'année de rupture [18].

Le test de corrélation sur le rang de Kendall [19] a été utilisé pour analyser les tendances dans les séries chronologiques. Ce test vérifie le caractère aléatoire des séries chronologiques. L'hypothèse alternative du test est celle d'une tendance. Toutefois, en présence d'une rupture en moyenne dans la série, le test rejette l'hypothèse nulle sans que l'hypothèse de tendance soit valide.

La recherche de ruptures dans les séries chronologiques a été faite au moyen de la méthode bayésienne de Lee et Heghinian, du test de Pettitt, du test de Buishand et l'Ellipse de Bois et de la segmentation de Hubert. Les tests de Lee et Heghinian, et de Pettitt détectent une rupture au maximum tandis que le test de Buishand et l'Ellipse de Bois et la segmentation d'Hubert permettent d'en détecter plusieurs si elles existent dans une série chronologique de données. Leur application est effectuée à l'aide du logiciel KhronoStat 1.01 développé par l'Institut français de Recherche pour le Développement (IRD).

3.2.5 CALCUL DES VARIATIONS MOYENNES AUTOUR DES RUPTURES

Pour les variables hydropluviométriques dont la série chronologique présente une rupture, il est intéressant de calculer les variations moyennes de part et d'autre de la rupture en appliquant la formule suivante [20] :

$$D = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_i}{\bar{x}_i} * 100 \quad (8)$$

D = déficit/excédent de part et d'autre de la rupture ; $\bar{x}_i$ = moyenne avant la rupture et $\bar{x}_j$ = moyenne après la rupture.

3.2.6 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES

▪ Cartographie de l'occupation des terres

Elle s'est faite selon une suite d'opérations. La composition colorée a permis de distinguer les différents objets sur les images. Elle est suivie du choix des aires d'entraînement (sites représentatifs des caractéristiques numériques des classes) qui permettent de définir les signatures spectrales de chaque unité paysagère. Ces aires d'entraînement servent d'éléments de base d'une classification supervisée. Ensuite l'algorithme de classification « maximum de vraisemblance » a été choisi pour effectuer la classification. Enfin des relevés sur le terrain ont permis de valider la classification. En somme, la classification supervisée par maximum de vraisemblance consiste, à classer les pixels en fonction de leur ressemblance avec des comptes numériques d'objets géographiques de référence préalablement déterminées sur l'image et validées par des relevés de terrain [21]. A partir des classifications thématiques obtenues, les cartes d'occupation du sol ont été réalisées. Le logiciel Idrisi Selva 17.0 a été utilisé pour le traitement numérique des images satellitaires et le logiciel ArcGIS 10.1 pour les travaux de cartographie.

▪ Appréciation des mutations des unités d'occupation des terres

Elle s'est faite en utilisant la matrice de transition et en calculant le taux moyen annuel d'expansion spatiale.

✓ **La Matrice de transition.** C'est un tableau synthétique qui récapitule en termes de superficies, les différentes transformations subies par les unités d'occupation des terres entre deux dates. Elle est constituée de X lignes et de Y colonnes. Le nombre de lignes de la matrice indique le nombre d'unités d'occupations des terres au temps t_0 ; le nombre Y de colonnes de la matrice est le nombre d'unités d'occupation des terres converties au temps t_1 et la diagonale contient les superficies des unités d'occupation des terres restées inchangées. Les transformations se font donc des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes unités d'occupation des terres ont été calculées à partir du croisement des cartes de d'occupation des terres de deux dates à l'aide de la fonction Intersect de la boîte à outils Arctoolbox du logiciel ArcGIS 10.1.

✓ **Le taux moyen annuel d'expansion spatiale.** Il exprime la proportion de chaque unité d'occupation des terres qui change annuellement. A partir de la superficie de ces unités, ce taux a été calculé grâce à la formule [22]:

$$T = [(lnS_2 - lnS_1) / ((t_2 - t_1) \times lne)] \times 10 \quad (9)$$

Avec S_1 et S_2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t_1 et t_2 respectivement ; $t_2 - t_1$: nombre d'année d'évolution ; ln : Logarithme népérien ; e : Base des logarithmes népériens ($e = 2,71828$).

4 RÉSULTATS

4.1 VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE

Sur la période 1965-2010, la pluviométrie dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri est marquée par des fluctuations interannuelles très remarquables. La moyenne de la série est de 1028,20 mm. Son écart-type (93, 44 mm) et son coefficient de variation (9,08 %) traduisent cette grande variabilité. On note une succession de phases excédentaires et de phases déficitaires (figure 2).

- La phase 1965-1971 a été excédentaire. La moyenne pluviométrique pour cette phase est 1082,53 mm. Au cours de cette phase, les années 1968 et 1969 ont été très pluvieuses avec respectivement 1115,22 et 1169,86 mm de pluie.
- La phase 1972-1996 a été très déficitaire avec une moyenne pluviométrique de 995,17 mm. Les années 1983, 1986 et 1987 ont été particulièrement sèches avec respectivement 853,06 ; 893,96 et 829,58 mm de précipitation.
- La phase 1997-2010 a été excédentaire avec une moyenne pluviométrique de 1060,01 mm. Les années 1998 et 1999 qui ont été particulièrement pluvieuses avec respectivement 1115,22 et 1169, 86 mm de pluie enregistrée.

Phase excédentaire

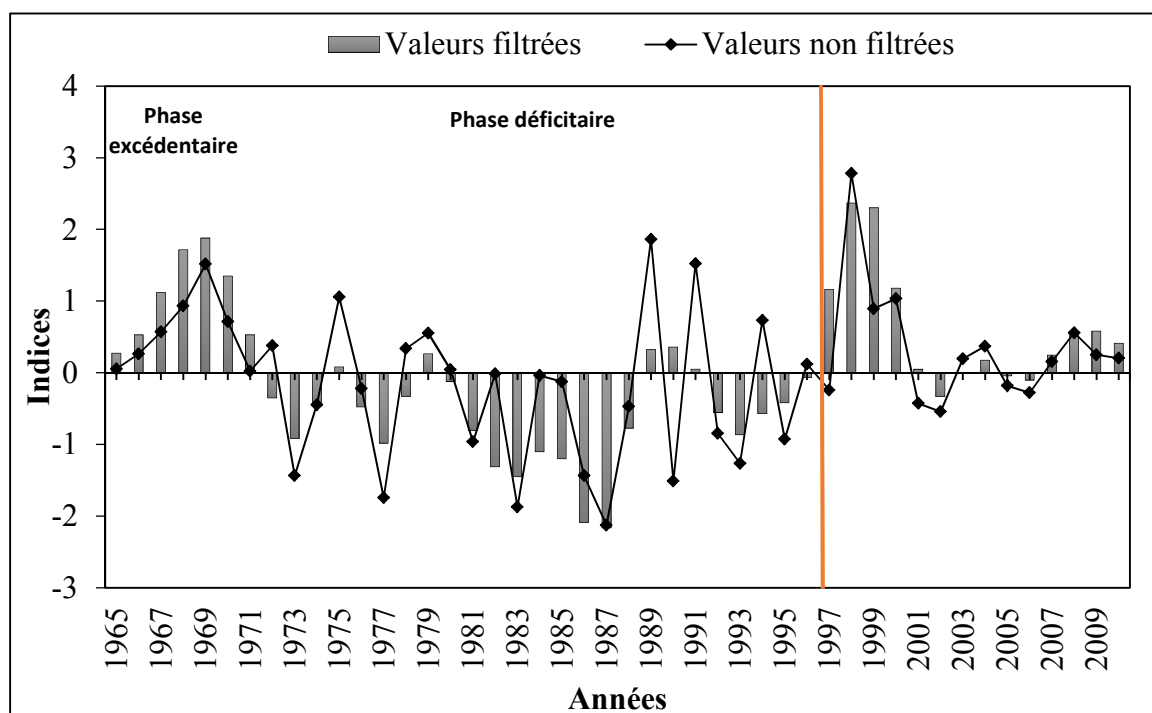


Fig. 2. Variabilité interannuelle des précipitations annuelles (1965-2010)

L'analyse statistique par le test de corrélation sur le rang ne met en évidence aucune tendance dans la chronique des précipitations annuelles.

La figure 3 présente les résultats de l'application des tests de Buishand et de Pettitt sur la série précipitations annuelles.

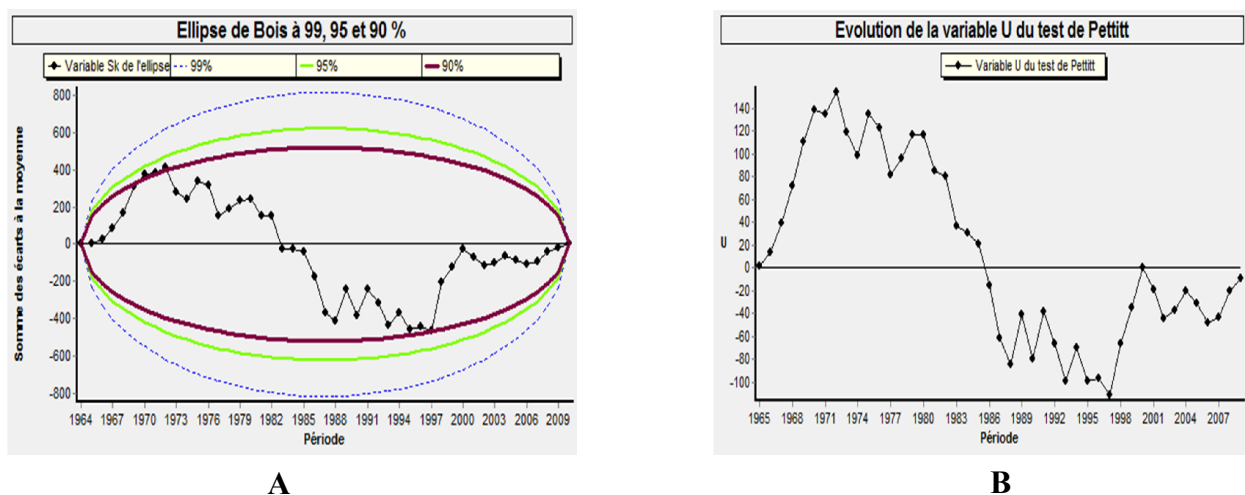


Fig. 3. Résultats des tests de Buishand (A) et de Pettitt (B) appliqués à la série des précipitations annuelles

Le test de Buishand (figure 3 A), le test de Pettitt (figure 3 B), la procédure de segmentation de Hubert ne mettent en évidence aucune rupture dans la chronique des précipitations annuelles. Seul le test de Lee et Heghinian met en évidence une rupture située en 1970 dans la chronique des précipitations annuelles. Les moyennes des sous-séries avant et après la rupture sont respectivement de 1009, 45 mm et 1018, 75 mm soit un déficit pluviométrique de 6,76 % après la rupture.

4.2 VARIABILITÉ HYDROMÉTRIQUE

Sur la période 1965-2010, les variations interannuelles des débits sont assez importantes dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri. La moyenne de la série est de $308,20 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un écart-type de $152,28 \text{ m}^3/\text{s}$ et un coefficient de variation 49,40 %. On distingue globalement deux phases à débits élevés intercalées par une longue phase à faibles débits (figure 4).

- La phase 1965-1971 est caractérisée par des écoulements abondants. La moyenne des débits est de $432,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Les années 1967 et 1970 ont enregistré des modules très élevés ($606,7$ et $514,79 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivement).
- La phase 1972-1997 est marquée par une baisse des écoulements. La moyenne des débits pour cette phase est de $244,55 \text{ m}^3/\text{s}$. Les années 1976, 1983 et 1987 ont été caractérisées par des écoulements particulièrement indigents (avec des débits respectivement de 83 , 58 ; $66,72$ et $91,53 \text{ m}^3/\text{s}$). Notons toutefois qu'au cours de cette longue phase de sécheresse, les quatre années 1988, 1989, 1991 et 1994 ont enregistré des débits supérieurs à la moyenne.
- La phase de 1998 à 2010 est caractérisée par des écoulements excédentaires. La moyenne des débits est de $368,69 \text{ m}^3/\text{s}$.

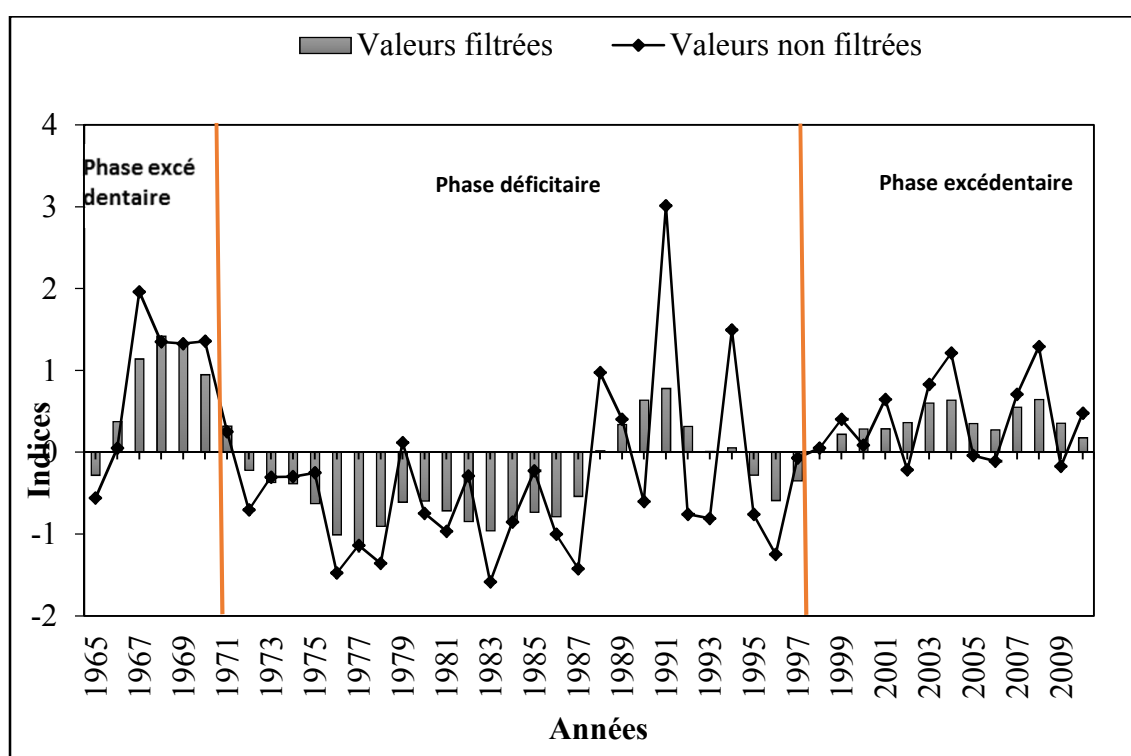


Fig. 4. Variabilité interannuelle des débits de la Sota à l'exutoire de Coubéri (1965-2010)

L'analyse statistique par le test de corrélation sur le rang ne met en évidence aucune tendance dans la chronique des débits annuels.

Le test de Buishand (figure 5 A), le test de Pettitt (figure 5 B), la procédure de segmentation de Hubert ne mettent en évidence aucune rupture dans la chronique des débits annuels.

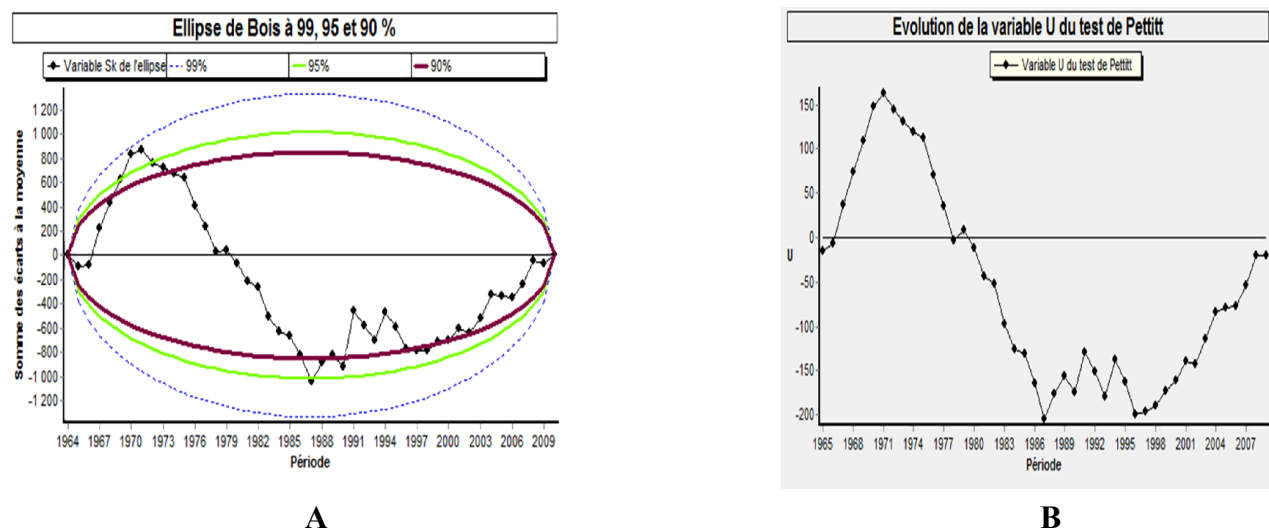


Fig. 5. Résultats des tests de Buishand (A) et de Pettitt (B) appliqués à la série des débits annuels

Seul le test de Lee et Heghinian met en évidence une rupture située en 1970 dans la chronique des débits annuels. Les moyennes des sous-séries avant et après la rupture sont respectivement de 433, 85 m³/s et 287, 45 m³/s soit un déficit hydrométrique de 33,75 % après la rupture.

4.3 DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES

4.3.1 ETATS DE L'OCCUPATION DES TERRES

- En 1995

L'observation de la carte d'occupation des terres en 1995 (figure 6) montre que, les formations végétales naturelles les plus dominantes sont les forêts claires et les savanes boisées qui s'observent principalement à l'intérieur des aires protégées dans les parties Nord, Centre et Centre-Sud du bassin. Ces formations végétales sont suivies des savanes arborées et arbustives qu'on retrouve un peu partout dans le bassin. Les minces forêts galeries du bassin sont situées le long des différents cours d'eau dont le plus important est la Sota. On observe quelques fragments de forêts denses sèches à l'intérieur des aires protégée et près des forêts galeries. Les mosaïques de champs et jachères s'observent un peu partout mais essentiellement autour des agglomérations. Les agglomérations et les affleurements rocheux sont très dispersés et faiblement représentés. Les sols dénudés et les plantations sont très peu observés.

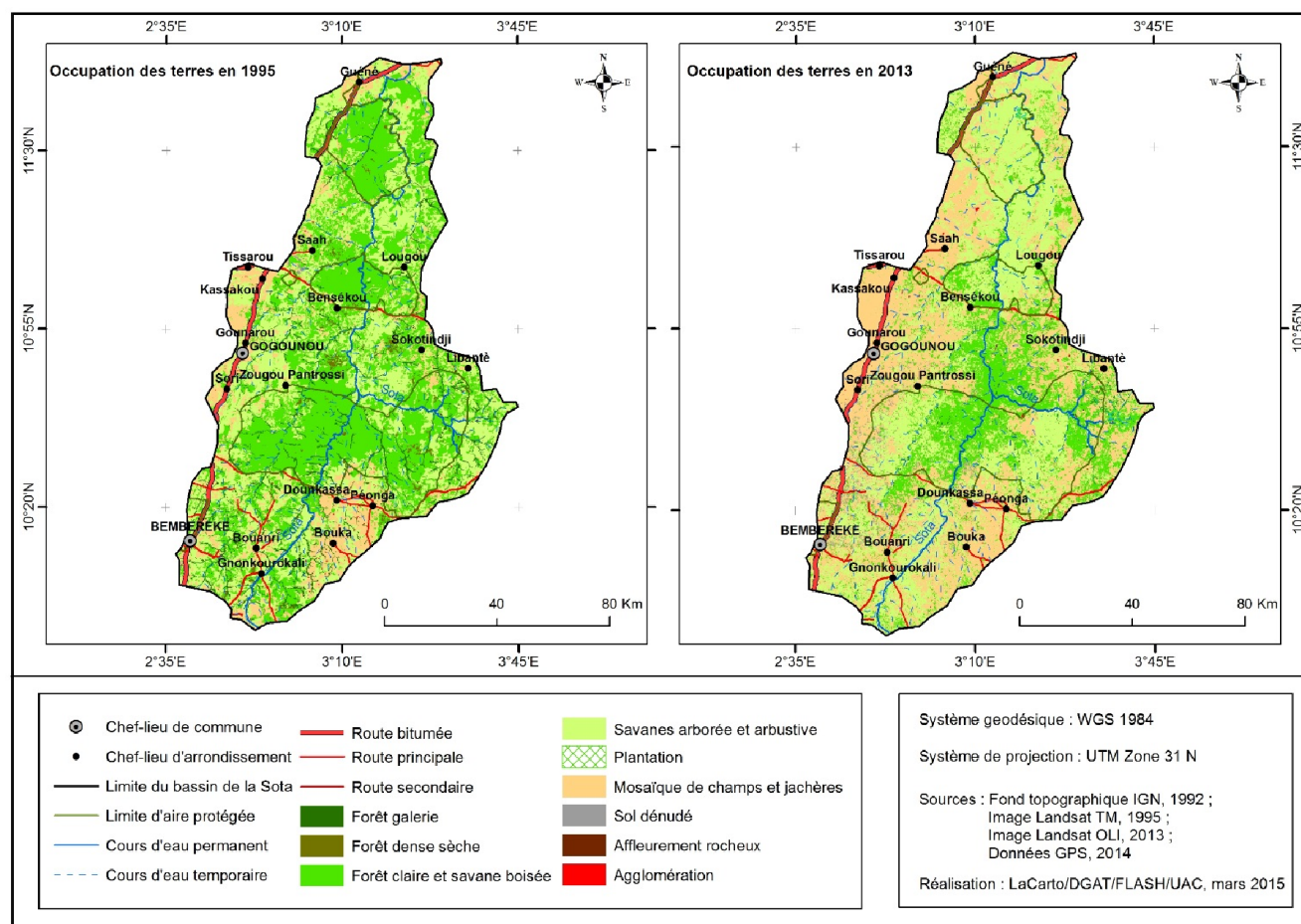


Fig. 6. Occupation des terres du bassin versant de la Sota en 1995 et 2013

• En 2013

L'examen de la carte d'occupation des terres de 2013 (figure 6), indique que les forêts claires et savanes boisées sont réduites en de petits fragments concentrées dans les aires protégées et leurs périphéries. On remarque aussi une quasi absence des îlots de forêts denses sèches et une diminution drastique des galeries forestières le long de la rivière Sota. Les savanes arborées et arbustives sont devenues les formations naturelles les plus répandues dans le bassin. Par contre, les mosaïques de champs et jachères ont connu une forte extension, elles se rencontrent un peu partout jusqu'à l'intérieur des aires protégées. Les sols dénudés et les plantations se sont sensiblement étendus, à l'opposé des affleurements rocheux qui sont demeurés inchangés.

4.3.2 MUTATIONS DANS L'OCCUPATION DES TERRES

La dynamique des formations végétales et des autres unités d'occupation des terres de 1995 à 2013 est résumée par la matrice de transition (tableau 3). Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les formations végétales et les autres unités d'occupation des terres de 1995 et de 2013. Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des unités qui sont demeurées stables de 1995 à 2013. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements d'état de la végétation et des autres unités d'occupation des terres.

Tableau 3. Matrice de transition de l'occupation des terres entre 1995 et 2013

Unités d'occupation										
Unités de 1995	FG	FDS	FCSB	SASA	PL	MCJ	AR	SD	AG	Sup. Total 1995 (Km²)
FG	190,96	0	0	0	0	516,93	0	0	0	707,89
FDS	0	23,04	10,80	52,81	0	61,04	0	0	0	147,68
FCSB	0	2,1	2492,58	1553,111	0	1667,14	0	0	0	5714,93
SASA	0	0,343	56,63	3151,80	25,01	1712,11	0	0	2,79	4948,68
PL	0	0	0	0	8,30	0,033	0	0	0,19	8,53
MCJ	0	0	34,51	182,72	25,18	1566,70	0	6,84	6,86	1823
AR	0	0	0	0	0	0	9,847	0	0	9,85
SD	0	0	0	0	0	0,19	0	9,43	0	9,62
AG	0	0	0	0	0	0	0	0	29,80	29,80
Sup. Totale 2013 (Km²)	190,96	25,48	2594,515	4940,447	58,49	5524,1	9,85	16,26	39,75	13400

Légende : FG : Forêt galerie ; FDS : Forêt dense sèche ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SASA : Savanes arborée et arbustive ; AR : Affleurement Rocheux ; MCJ : Mosaïque de champs et jachères ; SD : Sol Dénudée AG : Agglomération ; PL : Plantation.

Sup.totale_1995 : Superficie des formations végétales et des autres unités d'occupation du sol en 1995.

Sup.totale_2013 : Superficie des formations végétales et des autres unités d'occupation du sol en 2013.

190,96 : Superficie restée stable entre 1995 et 2013.

L'examen du tableau 3 permet de retenir que 9 classes d'occupation des terres ont été observées en 1995 et en 2013. Cependant, il faut noter que toutes les classes ne sont pas demeurées identiques entre ces deux années.

➤ Analyse statistique de l'évolution des formations végétales naturelles entre 1995 et 2013

L'analyse de la dynamique des formations végétales naturelles de 1995 à 2013 dans le bassin versant de la Sota indique qu'elles ont connu toutes une évolution régressive.

• Forêts galeries

Les forêts galeries ont connu une régression drastique. De 707,89 km² en 1995, elles sont passées à 190,96 km² en 2013, soit une diminution proportionnelle de 73,07 %. Une partie de ces formations a été convertie en mosaïque de champs et jachères (516,93 km²). Par contre, l'autre partie (190,96 km²) est restée inchangée.

• Forêts denses sèches

Les forêts denses sèches ont connu une conversion significative de leur superficie, avec un taux global d'évolution de - 479,6 %. Ces formations sont converties en forêts claires et savanes boisées (10,80 km²), en savanes arborées et arbustives (52,81 km²) et en mosaïque de champs et jachères (61,04 km²). Cependant, 23,04 km² sont demeurés stables entre 1995 et 2013.

• Forêts claires et savanes boisées

En 18 ans, les forêts claires et savanes boisées ont connu une réduction proportionnelle de 120,26 % en passant d'une superficie de 5 714,93 km² en 1995, à 2 594,52 km² en 2013. Une partie est restée inchangée (2 492,58 km²) et 1553,111 km² sont converties en savanes arborées et arbustives, puis 1667,14 km² en champs et jachères.

• Savanes arborées et arbustives

Les savanes arborées et arbustives ont connu une faible diminution, avec un taux global d'évolution de -0,1666 %. Elles sont passées de 4948,68 km² en 1995 à 4940,45 km² en 2013. Environ 3151,80 km² de ces formations sont demeurées stables, 0,343 km² se sont transformées en forêt denses sèches, 56,63 km² en forêts claires et savanes boisées, 25,01 km² sont converties en plantations, 1712,11 km² en champs et jachères et 2,79 km² en agglomérations.

➤ Analyse statistique de l'évolution des autres unités d'occupation des terres entre 1995 et 2013

Les unités analysées ici sont les affleurements rocheux, les sols dénudés et les unités anthropiques (plantations, mosaïques de champs et jachères et agglomérations).

- **Affleurements rocheux**

Les affleurements rocheux n'ont pas connu de mutation entre ces deux dates.

- **Sols dénudés**

Cette unité a connu une expansion moyenne annuelle de 2,92 % soit une augmentation de 40,87 % entre 1995 et 2013. Dans le bassin versant de la Sota, les sols dénudés qui occupaient 9,62 km² en 1995 sont passés à 16,26 km². Seulement 0,19 km² ont été convertis en mosaïques de champs et jachères et 9,43 sont restés stables.

- **Plantations**

Les plantations en 1995 qui occupaient une superficie de 8,53 km², sont passées à 58,49 km² en 2013 soit une augmentation proportionnelle de 85,41 % avec un taux d'expansion moyen annuel de 10,70 %. Elles ont gagné une partie des champs et jachères (0,033 km²) et une partie des agglomérations (0,19 km²). 8,30 km² sont restées inchangées.

- **Mosaïques de champs et jachères**

Les mosaïques de champs et jachères ont connu une grande expansion en passant d'une superficie de 1 823 km² en 1995 à 5524,1 km² en 2013 soit un taux d'expansion annuel de 6,16 % et un taux global d'évolution de 67 % entre 1995 et 2013. Ces unités ont vu 34,51 km² de leur superficie convertie en forêts claires et savanes boisées, 182,72 km² en savanes arborées et arbustives, 25,18 km² en plantation, 6,84 km² en sol dénudé, et 6,86 km² en agglomération. Cependant, 1566,70 km² de ces unités sont restées inchangées.

- **Agglomérations**

Les agglomérations ont aussi connu une extension de 1,60 %. De 29,80 km² en 1995, elles sont passées à 39,75 km² en 2013. Une partie de cette unité est restée stable.

La figure 7 synthétise la dynamique des différentes unités d'occupation des terres entre 1995 et 2013.

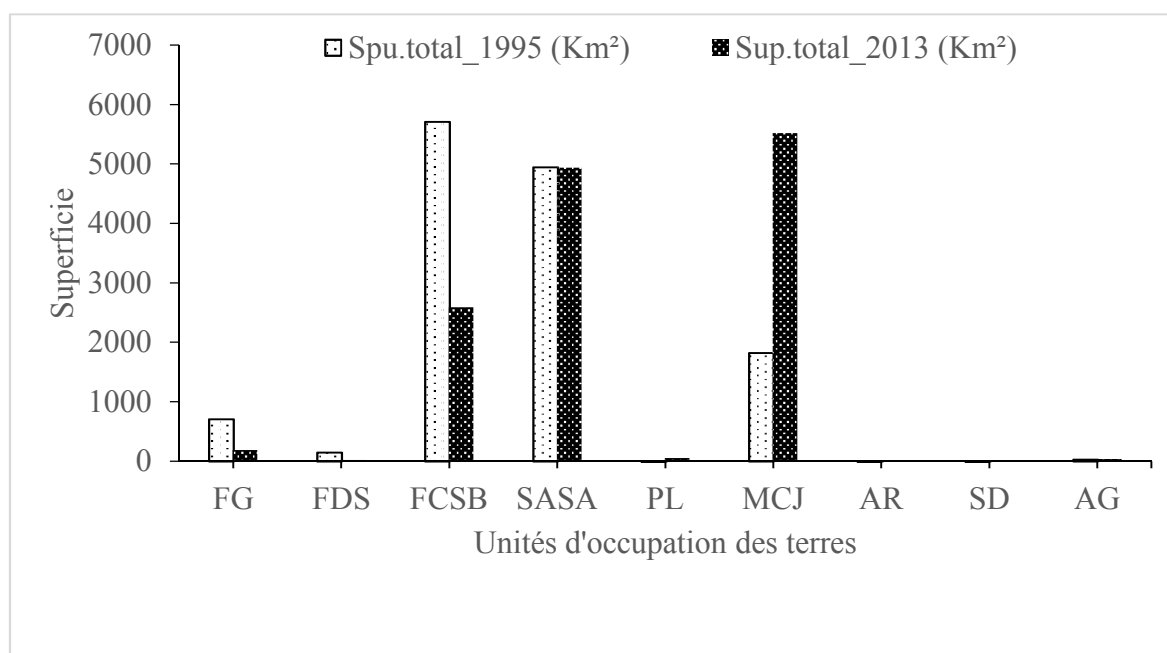


Fig. 7. Synthèse de la dynamique d'occupation des terres entre 1995 et 2013

Légende : FG : Forêt Galerie ; FDS : Forêt Dense Sèche ; FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée; SASA : Savanes Arborée et Arbustive ; AR : Affleurement Rocheux ; MCJ : Mosaïque de Champs et Jachères ; SD : Sol Dénudé AG : Agglomération ; PL : Plantation.

Sup.totale_1995 : Superficie des formations végétales et des autres unités d'occupation du sol en 1995.

Sup.totale_2013 : Superficie des formations végétales et des autres unités d'occupation du sol en 2013.

Globalement on retient de l'examen de la figure 7 que la dynamique de l'occupation des terres entre 1995 et 2013 est marquée par la régression de toutes les formations végétales naturelles au profit des unités d'occupation anthropiques. Entre ces deux dates, les champs et jachères ont connu la plus grande expansion.

5 DISCUSSION

5.1 VARIABILITÉ HYDROPLUVIOMÉTRIQUE

Les résultats montrent l'occurrence de fortes fluctuations interannuelles des précipitations dans le bassin versant de la Sota à Coubéri. Ce bassin versant a connu entre les années 1972 et 1996 une phase de sécheresse qui peut être interprétée comme une manifestation de la grande sécheresse qui a frappé l'Afrique de l'Ouest à partir de la fin des années 1960 ([7], [23]). Ce déficit pluviométrique a été également mis en évidence, au Nord-Togo [8] et en Côte d'Ivoire [24].

Des quatre tests statistiques, seul le test de Lee et Heghinian met en évidence dans la série des précipitations annuelles une rupture de stationnarité située en 1970. Cette différence des résultats des tests statistiques est conforme au constat de [18] qui ont montré à partir de l'étude de séries simulées que ces tests peuvent identifier une rupture en moyenne avec quelques années de différence ou parfois aboutir à des conclusions contradictoires sur une même série de données.

L'année de rupture (1970) notée dans la série des précipitations annuelles appartient à la période (1968-1970) identifiée par [25] comme celle des ruptures pluviométriques au Bénin.

En comparant les résultats de la présente étude à ceux de [4] qui ont aussi pris en compte le même bassin versant, on note quelques différences :

- le test de Pettitt n'a pas identifié, contrairement à l'étude de [4], de rupture de moyenne dans la série des précipitations annuelles ;
- en ne tenant pas compte du test statistique, la date de la rupture sur la série des précipitations annuelles est de 1972 dans l'étude de [4] et de 1970 dans la présente étude ;
- le déficit pluviométrique enregistré après la rupture est respectivement de l'ordre de 12 % dans l'étude de [4] et de 6,76 % dans la présente étude.

Ces différences pourraient s'expliquer dans les résultats des deux études d'une part par l'inégalité de la longueur des séries étudiées et d'autre part par les stations choisies pour interpoler la pluviométrie du bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri.

Les tendances mises en évidence par l'application du filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 et les tests statistiques dans les séries hydrométrique et pluviométrique sont très comparables. Ainsi par exemple, dans la série hydrométrique la rupture identifiée est aussi intervenue en 1970. Le déficit d'écoulement qui en a résulté est de 33,75 %. Ce déficit d'écoulement est inférieur à celui obtenu par [4] qui ont noté pour le même bassin un déficit d'écoulement de 40 %. Cette baisse relative du déficit d'écoulement pourrait être liée à l'amélioration de la pluviométrie dans le bassin ces dernières années dans la région ([5], [6]). Le déficit d'écoulement de 33,75 % enregistré fait environ cinq fois celui des précipitations (6,76 %). Ce résultat est similaire à ceux obtenus par d'autres auteurs. Ainsi par exemple, [26] note que les débits du fleuve Niger à Koulikoro (Mali), à sa sortie de la zone soudanienne, diminuent de 60 % après 1970 du fait d'une diminution de 30 % de la pluviométrie. De même, [27] et [28] soulignent une baisse de plus de 80 % des débits du Bani à Douna au Mali depuis les années 1950, conséquences de la diminution persistante des pluies depuis 1970.

5.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES TERRES

Les cartes d'occupation des terres réalisées ont permis de mettre en évidence la tendance générale de la dynamique de l'occupation des terres. Cette tendance générale révèle une augmentation de la superficie des formations anthropiques (champs et jachères, agglomérations, plantations) au détriment des formations végétales naturelles (forêts, savanes). [5] était déjà parvenue à la même conclusion concernant le bassin versant de la Sota. Plus inquiétant, cette tendance de

dégradation de la couverture végétale n'épargne même pas les aires protégées du bassin versant comme [29] a pu le montrer en étudiant les impacts des changements climatiques et des activités anthropiques sur la forêt classée de la Sota et sa zone riveraine. Les résultats des travaux de nombreux auteurs ont montré que la situation de dégradation des formations végétales naturelles du bassin versant de la Sota n'est pas une particularité au Bénin. Ainsi par exemple, les bassins versants de la Mékrou, de l'Alibori et de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou étudiés respectivement par [30], [31] et [32] connaissent aussi le recul continu de leurs formations végétales naturelles au profit des formations anthropisées. De même, en Côte d'Ivoire, [33] ont montré que bassin versant de N'zi se caractérise par une forte diminution des surfaces boisées et une importante augmentation des terres destinées aux cultures et pâturages.

5.3 IMPACT DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DES TERRES SUR LA RELATION PLUIE-DEBIT

Dans le bassin de la Sota, les principaux facteurs de la réduction de la couverture végétale sont le fort accroissement des surfaces cultivées, les pratiques agricoles, l'élevage transhumant, les feux de végétation, l'exploitation abusive de bois [5]. A côté de ces facteurs essentiellement anthropiques, il faut ajouter ceux climatiques. En effet, les fluctuations climatiques influencent aussi les changements d'occupation des terres ([16], [31], [11]). Les modifications de la couverture végétale peuvent avoir des impacts sur les écoulements. En effet, comme le souligne [14], les modifications affectant la couverture végétale d'un milieu donné, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle, ont une influence plus ou moins directe sur la relation existant entre les précipitations et les écoulements de surface.

Les valeurs des déficits pluviométrique et hydrométrique dans la présente étude sont respectivement de 6,76 % et de 33,75 %. Ces valeurs étaient respectivement de 12 % et 40 % dans le l'étude de [4]. On peut donc noter une baisse de ces déficits. Cette baisse pourrait être liée au retour depuis les années 1990, à de meilleures conditions pluviométriques. Toutefois quand on fait un rapport entre ces déficits, on constate que dans le premier cas, le déficit hydrométrique fait environ cinq fois le déficit pluviométrique. Dans le second cas, le déficit hydrométrique fait un peu plus de trois fois le déficit pluviométrique. De ce constat, il ressort que la relation pluie-débit n'est pas restée constante dans le temps. L'importance relative actuelle du déficit hydrométrique pourrait être liée, en partie, à la dégradation continue de la couverture végétale dans le bassin versant. Ailleurs au Bénin, les travaux de [30] ont abouti à une conclusion similaire dans une étude sur le bassin de la Mékrou à l'exutoire de Kompongou. Dans le même ordre d'idées en Côte d'Ivoire, [33] ont interprété l'évolution de la relation pluie-débit dans le bassin versant de N'zi comme un facteur de la modification de l'occupation du sol.

6 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude ont permis de caractériser la variabilité hydropluviométrique et l'évolution de l'occupation des terres dans le bassin versant de la Sota. Sur le plan pluviométrique, à partir de la chronique des précipitations annuelles (1965-2010), on note que le bassin versant est caractérisé par une succession de phases humides et sèches. Le test statistique de Lee et Heghinian indique une rupture de moyenne en 1970. Le déficit pluviométrique qui en a résulté est de 6,76 %. Les fluctuations enregistrées sur la série hydrométrique sont très comparables à celles qu'a connues la série pluviométrique. Ainsi la rupture de stationnarité identifiée sur la série hydrométrique se situe aussi en 1970 avec un déficit d'écoulement de 33,75 % soit environ cinq fois le déficit pluviométrique.

L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres entre 1995 et 2013 à partir des cartes d'occupation des terres a montré que cette dynamique est marquée par la régression de toutes les formations végétales naturelles (forêt galerie, forêt dense sèche, forêt claire et savane boisée, savane arborée et arbustive) au profit des unités d'occupation anthropiques (mosaïque de champs et jachères, sol dénudé, plantation, agglomération). Entre ces deux dates, les champs et jachères ont connu la plus grande expansion avec un taux d'expansion annuel de 6, 16 %. La dégradation de la couverture végétale est sans doute un des facteurs de la persistance du niveau relativement élevé du déficit hydrométrique dans le bassin de la Sota.

REFERENCES

- [1] G. Mahé et J. C. Olivry, Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, Vol. 6, n° 1, pp. 109-117, 1995.
- [2] E. Servat, J. E. Paturel, H. Lubes-Niel, B. Kouame et M. Travaglio, De la diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale. *Sciences de la terre et des planètes*, Vol. 325, pp. 679-682, 1997.
- [3] G. Mahé, Y. L'hôte, J. C. Olivry et G. Wotling, Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa - 1951-1989. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 46, n° 2, pp. 211-226, 1999.

- [4] E. W. Vissin, M. Boko, J. Perard et C. Houndénou, Recherche de ruptures dans les séries pluviométriques et hydrologiques du bassin béninois du fleuve Niger (Bénin, Afrique de l'ouest), *Publication de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 1, pp. 368-376, 2003.
- [5] A. J. Vodounon, Impacts des systèmes culturels sur la biodiversité, les états de surface et les écoulements dans le bassin-versant de la Sota. Mémoire de DESS, CIFRED/UAC, 91 p, 2010.
- [6] Zakari S. Analyse de quelques descripteurs de la saison des pluies dans le Nord-Est du Bénin (Afrique de l'Ouest). Mémoire de DEA, EDP/FLASH/UAC, 70 p, 2012.
- [7] J. P. Bricquet, F. Bamba, G. Mahe, M. Toure et J. C. Olivry, Evolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique. *Rev. Sci. Eau*, 3, pp. 321-337, 1997.
- [8] H. M. Badjana, K. Hounkpè, K. Wala, K. Batawila, K. Akpagana et K. S. Edjamé, Analyse de la variabilité temporelle et spatiale des séries climatiques du Nord du Togo entre 1960 et 2010. *European Scientific Journal*, vol.10, 11, pp. 257-275, 2014.
- [9] B. T. A. Goula, I. Savané, B. Konan, V. Fadika, B. G. Kouadio, Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Vertigo*, Vol. 7, n°1, pp. 1-12, 2006 (14 Décembre 2014)
- [10] I. Doumouya, B. Kamagaté, A. Bamba, M. Ouedraogo, I. Ouattara, I. Savané, A. Goula Bi Tié et J. Biémi, Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du Bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, Vol. 14, pp. 203-215, 2009.
- [11] T. D. Soro, B. D. Kouakou, E. A. Kouassi, G. Soro, A. M. Kouassi, K. E. Kouadio, M. S. O. Yéi et N. Soro, 2013. Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire), *Vertigo*, Vol. 13, n°3, <http://vertigo.revues.org/14347>, (15 Mars 2015)
- [12] G. Mahe, A. Dray, J. E. Paturel, A. Cres, F. Kone, M. Manga, F. N. Cres, J. Djoukam, A. H. Maïga, M. Ouedraogo, D. Conway et E. Servat, Climatic and anthropogenic impacts on the flow regime of the Nakambé river in Burkina in FRIEND (2002) Regional Hydrology : Bridging the gap between research and practice. Van L. et Demuth S. (éds). *IAHS Publ.* n° 274. Cape Town-South Africa, pp. 69-76, 2002.
- [13] P. Diello, Interrelations Climat – Homme – Environnement dans le Sahel Burkinabé: impacts sur les états de surface et la modélisation hydrologique. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 368 p, 2007.
- [14] E. W. Vissin, Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 267 p, 2007.
- [15] V. Codjia, Contribution à l'analyse coût /bénéfice des scénarios de lutte contre les mouches tse-tse et les trypanosomoses en Afrique de l'ouest (données sur la zone d'étude au Bénin). Rapport de consultation, Vienne, Autriche, 52 p, 2001.
- [16] H. Diallo, I. Bamba, Y. S. S. Barima, M. Visser, A. Ballo, A. Mama, I. Vranken, M. Maïga et J. Bogaert, Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Sécheresse*, Vol. 22, pp. 97-107, 2011.
- [17] A. A. Assani, Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (el niño/ la niña). *Bulletin sécheresse*, Vol. 10, n° 4, pp. 245-252, 1999.
- [18] L. Perreault. Analyse bayésienne retrospective d'une rupture dans les séquences de variables aléatoires hydrologiques. Thèse en cotutelle ENGREF/GRESE et Univ. Quebec/INRS-Eau, 200 p, 2000.
- [19] H. Lubès-Niel, J. M. Masson, J. E. Paturel & E. Servat, Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des Sciences de l'Eau*, 3, (1998), pp. 383-408, 1998.
- [20] S. Ardoin-Bardin, Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Eau. Université Montpellier II, 437 p, 2004.
- [21] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, K. E. Ahoussi, S. Oularé et J. Biémi, Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'zi-bandama (Côte d'Ivoire). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, Vol. 20, pp. 124-146, 2012.
- [22] B. Bernier, *Introduction à la macroéconomie*. Dunod, Paris, 1992.

- [23] E. Servat, J. E. Paturel, H. Lubès-Niel, B. Kouamé, J. M. Masson, M. Travaglio et B. Marieu « De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne ». *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 12, n° 2, pp. 363-387, 1999.
- [24] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, K. B. Yao, K. B. Djé, J. E. Paturel et S. Oularé, 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Revue Européenne de Géographie (Cybergéo)*, <http://cybergeog.revues.org/index23388.html> (15 Mars 2010)
- [25] E. Servat, J. E. Paturel, B. Kouamé, M. Travaglio, M. Ouédraogo, J. M. Boyer, H. Lubès-Niel, J. M. Fritsch, J. M. Masson et B. Marieu, Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'ouest et centrale. *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan' 98 Conference held at Abidjan, Côte d'Ivoire, November 1998). IAHS Publ .no .252*, pp. 323-337, 1998.
- [26] J. C. Olivry, Synthèse des connaissances hydrologiques et potentielles en ressources en eau du fleuve Niger. *International report World Bank-Niger Basin Authority*, 156 p. 2002.
- [27] G. Mahé, J. C. Olivry, R. Dessouassi, D. Orange, F. Bamba, E. Servat, Relations eaux de surface-eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, 330, pp. 689-692, 2000.
- [28] G. Mahé Surface/groundwater interactions in the Bani and Nakambe rivers, tributaries of the Niger and Volta basins, West Africa. *Hydrol. Sci. J.*, 54, pp. 704-712, 2009.
- [29] A. K. Gounou N'gobi, Impacts du changement climatique et des activités anthropiques sur la forêt classée de la Sota et sa zone riveraine. *Mémoire de Master, CIFRED/UAC*, p. 149, 2012.
- [30] D. M. M. Ahouansou, Influence de la dynamique du couvert végétal et du changement climatique sur les ressources en eau dans le bassin de la Mékrou à l'exutoire de Kompongou à l'horizon 2025. *Mémoire de Master. UAC/CIFRED*, 115 p, 2010.
- [31] G J. Boko, Trajectoires des changements dans l'occupation du sol: déterminants et simulation. Cas du bassin versant de l'Alibori (Benin, Afrique de l'Ouest). *Thèse de doctorat unique, EDP/FLASH/UAC*, 291 p, 2012.
- [32] A. Akognongbé, D. Abdoulaye, E. W. Vissin et M. Boko, Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou (Bénin). *Afrique Science*, Vol. 10, n° 2, pp. 228-242, 2014.
- [33] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, B. T. A. Goula, T. Lasm, J. E. Paturel et J. Biemi, Influence de la variabilité climatique et de la modification de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. des Sci. et Technol.*, Vol. 11, pp. 207-229, 2008.

Variations électrolytique des sécrétions génitales de la vache au cours d'un cycle œstral

[Electrolytic variations of genital secretions of the cow during an estrous cycle]

Samira FRIHA¹ and Ramdhane GUERRI²

¹Department de biologie, Université El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie

²Department de médecine, Université El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie

Copyright © 2015 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 liquid secreted by the female genital ways, medium of course of process of the reproduction, provides nutritional elements essential to the capacitating, the fecundation and the first syntheses of the fetus, rich in enzymes and raw materials usable in the various metabolic ways. Several studies described the quantitative and qualitative modifications secretions of this genital tract. To this end, we studied the effects of the hormonal variations of the two phases of the estrous cycle on the composition of the genital sécrétions in electrolytes in cows cut down on the level of L slaughter-house public of the town of Batna in Algeria.

We are studied the N, Ca and P of uterine and tuber secretions from the collected liquid of the matrices of the cows during two phases of an estrous cycle

According to our results, the calcium be of (47,41±9,40 mg/l) during the follicular phase against (247,90±69,63 mg/l) during the phase luteal (P<0,05) in endometrial secretions. While serum phosphorus is of (67,80±4,77 mg/l) vs (94,68±9,16 mg/l). No significant variation was noted concerning the electrolytes of tuber secretions (P>0,05).

The use of certain biochemical and electrolytic indicators of uterine and tuber secretions proved to be a means interest to control the physiology of the reproduction of the animal influenced by the phase of the cycle.

KEYWORDS: electrolyte, estrous cycle, cow, oviduct, uterus.

RÉSUMÉ: Le liquide sécrété par les voies génitales féminines, milieu de déroulement de processus de la reproduction, fournit des éléments nutritionnels indispensables à la capacitation, à la fécondation et aux premières synthèses du fœtus, riche en enzymes et matières premières utilisables dans les différentes voies métaboliques. Plusieurs études ont décrit les modifications quantitatives et qualitatives des sécrétions de ce tractus génital. A cet effet, nous avons étudié les effets des variations hormonales des deux phases du cycle œstral sur la composition des sécrétions génitales en électrolytes chez des vaches abattues au niveau de l'abattoir publique de la wilaya de Batna-Algérie.

On a étudié le N, le Ca et le P des sécrétions intra-utérines et intra oviductaires à partir du liquide collecté des matrices des vaches au cours des deux phases d'un cycle œstral.

D'après nos résultats, le calcium été de (47,41±9,40 mg/l) durant la phase folliculaire contre (247,90±69,63 mg/l) durant la phase lutéale (P<0,05) dans les sécrétions endométriales. Tandis que le phosphore sérique est de (67,80±4,77 mg/l) vs (94,68±9,16 mg/l). Aucune variation significative n'a été constatée concernant les électrolytes des sécrétions tubaires (P>0,05).

L'usage de certains indicateurs biochimiques et électrolytiques des sécrétions utérines et tubaires s'est révélé être un moyen intéressant pour contrôler la physiologie de la reproduction de l'animal influencée par la phase du cycle.

MOTS-CLEFS: électrolyte, cycle œstral, vache, oviducte, utérus.

1 INTRODUCTION

Les voies génitales féminines fournissent des éléments nutritionnels indispensables à la capacitation, à la fécondation et aux premières synthèses du fœtus, par leurs sécrétions riches en enzymes et matières premières utilisables dans les différentes voies métaboliques. Plusieurs études ont décrit les modifications quantitatives et qualitatives des sécrétions de ce tractus génital.

La collecte des fluides des tractus génitales des femelles reproducteurs et les tentatives d'étudier le rôle de ces fluides dans le transport et le métabolisme des gamètes ont été les sujets de plusieurs études [Hugentobler *et al.*, 2007 ; Lamothe *et al.*, 1972a,b ; Shultz *et al.*, 1971 ; Guay et Lamothe., 1969,1970]. Les données plutôt complètes sur les taux de sécrétion et de certains composants chimiques sont disponibles pour les fluides utérins et oviductaires des lapins [Murdoch et White., 1969, et beaucoup d'autres].

Selon certains auteurs [Hugentobler *et al.*, 2007 ; Lamothe *et al.*, 1972a,b ; Shultz *et al.*, 1971 ; Guay et Lamothe., 1969,1970] l'altération de la composition chimique de ces sécrétions résulte d'une déficience métabolique cellulaire utérine .

La composition du milieu intra-utérin de la femelle bovine est peu connue. L'analyse de quelques électrolytes, des protéines et du glucose sanguins des sécrétions endométriales a été faite au cours du cycle œstral normal chez la vache [Hugentobler *et al.*, 2007 ; Lamothe *et al.*, 1972a,b ; Guay.,1966a,b,c ; Guay et Lamothe; 1969,1970].

Des recherches intensives ont été effectuées sur les changements cycliques qui se produisent chez la femelle, au cours du cycle œstral.

A cet effet, nous avons étudié les effets des variations hormonales des deux phases du cycle œstral sur la composition des sécrétions génitales en électrolytes chez les vaches.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 ANIMAUX

Des tractus génitaux collectés des vaches de race pie noir abattues au niveau de l'abattoir public de la Wilaya de Batna, seulement ceux considérés comme ayant lieu dans la phase folliculaire et lutéale ont été employés pour cette étude.

2.2 COLLECTE ET CLASSIFICATION DES SECRETIONS UTERINES ET OVIDUCTAIRES

Les matrices des vaches, avec aucune pathologie ovarienne ou utérine, ont été collectées de l'abattoir public de la Wilaya de Batna juste après l'abattage et ont été transportées au laboratoire sous conservation au froid. Les matrices étaient classifiées en phase folliculaire et phase lutéale par un examen visuel des ovaires qu'est basé sur l'aspect des follicules kystiques et de stade évolutif du corps jaune selon la méthode de [Alvi-Shoushtari *et al.* , 2006].

Le fluide utérin a été collecté en raclant doucement l'endomètre par une curette puis on transfère les sécrétions dans des tubes sec de 2 ml selon la méthode de [Alvi-Shoushtari *et al.* , 2006]. En raison de la récupération de petites quantités de sécrétions, nous avons effectué la dilution (un volume de 0.2 ml de sécrétions utérines est dilué dans 3,8 ml d'eau distillée) puis une centrifugation à 3000 *g* pendant 5 minutes pour l'élimination des débris cellulaires. Le surnageant a été stocké immédiatement à - 80°C jusqu'à son utilisation.

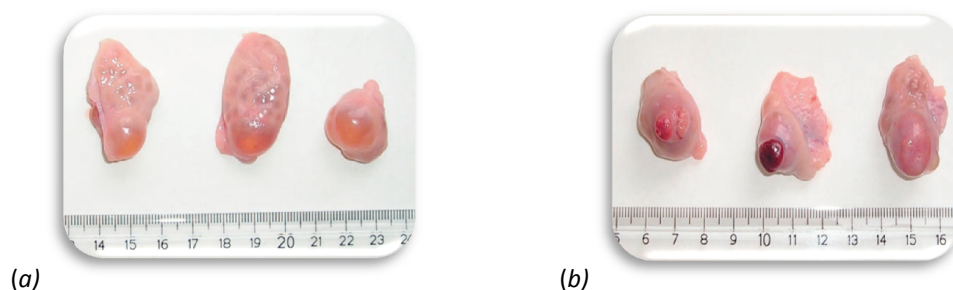


Figure 01. Ovaires classifiés en phase folliculaire(a) et en phase lutéale (b)

[Alavi-Shoushtari *et al.* , 2006].

Cependant le fluide de l'oviducte a été obtenu après avoir séparé les oviductes des matrices. Le fluide a été collecté par aspiration avec une micropipette automatique (200 μ L) (figure 02) selon la méthode de [Alvi-Shoushtari *et al.*, 2006]. En raison de la récupération de petites quantités de sécrétions, nous avons effectué la dilution (un volume de 0.2 ml de sécrétions oviductaires est dilué dans 1,8 ml d'eau distillée) puis une centrifugation à 3000 g pendant 5 minutes pour enlever les débris cellulaires. Le surnageant a été stocké immédiatement à - 80°C jusqu'à l'utilisation.

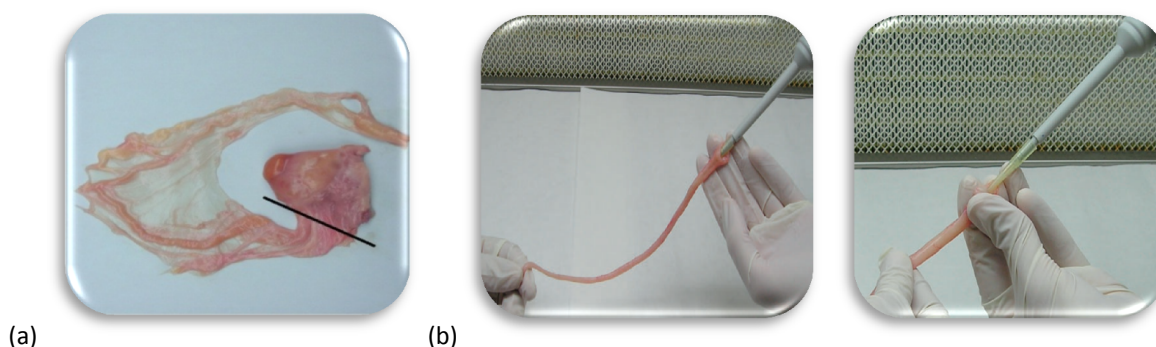


Figure 02. Collecte des sécrétions oviductaires [Alvi-Shoushtari *et al.*, 2006].
(a) oviducte après dissection. (b) Introduction de la pipette dans l'ampoule de l'oviducte

2.3 DOSAGE DES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES

Pour le dosage des électrolytes (Ca, P) nous avons utilisé comme appareil un analyseur automate METROLAB 2300, dont la distribution des réactifs et des échantillons ainsi la dilution de ces derniers sont faites de façon automatique en un temps programmé

Alors que pour le dosage de Na nous avons utilisé l'ionogramme (EX-DJOKOH ELECTROLYTE ANALYZER). Toutes les réactions sont automatisées et programmées.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Graphpad prism 5. Les variations cycliques de chaque élément dans le sérum, dans les sécrétions utérines et dans les sécrétions oviductaires des brebis ont été évaluées à l'aide d'un test de "T" (Student). L'homogénéité de la variance est vérifiée par le test F. Les résultats sont exprimés en (moyenne $\pm$ SEM). La différence statistique a été considérée significative quand $P < 0,05$.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 ELECTROLYTES DES SÉCRÉTIONS UTÉRINES

Les ions jouent un rôle essentiel dans la formation du liquide provenant de l'oviducte et de l'utérus. Les activités enzymatiques de même que le pH de fluide de l'oviducte et du fluide utérin seraient en partie régulés par la concentration et le mouvement des ions [Guay et Lamothe., 1970 ; Leese, 1995 ; Hugentobler., 2007].

De plus, ils jouent un rôle dans le processus de maturation de l'ovocyte et des spermatozoïdes, de fécondation ainsi que le maintien de l'homéostasie et la régulation du métabolisme durant le développement de l'embryon [Leese, 1988 ; Bavister, 2000].

D'après Heap (1962), Il y avait une différence significative dans la quantité de plusieurs constituants dans des lavages utérins récupérés à deux étapes du cycle œstral. Les valeurs étaient plus grandes à l'œstrus qu'au dioestrus chez la rate (Na, K, Cl, N), mais à plus grand dans la phase lutéale qu'à la phase folliculaire chez la lapine, la brebis et, dans une certaine mesure, chez la vache (K, P, N).

3.1.1 SODIUM DES SÉCRÉTIONS UTÉRINES

Les auteurs [Olds et VanDemark., 1957] font part de résultats intéressants obtenus à partir d'un échantillon provenant des sécrétions de plusieurs vaches à deux périodes du cycle, soit de la fin du dioestrus (18^e jour) au postœstrus (3^e jour

après l'œstrus), et durant la dernière moitié du dioestrus. Ils retrouvent en moyenne 192.0 mg, de sodium à la première phase, mais cet élément augmente sensiblement au cours du dioestrus pour atteindre alors 277.0 mg.

Heap (1962), rapporte les résultats d'une étude portant sur l'analyse de lavages utérins durant l'œstrus et le dioestrus chez la rate, la lapine, la brebis et la vache. Comme Olds et VanDemark, il note une augmentation très marquée du sodium au cours du dioestrus.

D'après nos résultats, le sodium présente des variations cycliques importantes mais non significatives ($P > 0.05$).

Il a été rapporté par Thibault et Levasseur (2001) qu'à la transition morula/ blastocyste, la pompe à sodium (ATPase Na^+/K^+) et l'antiport Na^+/H^+ , fonctionnent conjointement de manière à garder le rapport interne K^+/Na^+ stable tout en augmentant la masse aqueuse pour établir la formation du blastocœle. Le Na/K contrôle l'accumulation du liquide dans le blastocyste, ce qui explique les concentrations élevées de cet ion pendant la phase lutéale.

Les travaux de deux chercheurs Nocenti et Gizek (1964) prouvent que les œstrogènes ne modifient pas le taux de la filtration glomérulaire ou la concentration électrolytique du sérum. Selon Schultz *et al.* (1971) le sodium sérique ne se change pas de manière significative avec les phases du cycle œstral.

Dans une autre étude, Guay (1966a), a analysé les variations du sodium sanguin ainsi que des sécrétions génitales au cours des diverses phases du cycle œstral chez quatre vaches fertiles. Il a constaté que le sodium sanguin subit d'importantes fluctuations au cours du cycle œstral; ces variations ne semblent pas en rapport avec les périodes du cycle. Il ne paraît pas y avoir de relation entre les changements qui se produisent dans le sérum et ceux qui se rencontrent dans les sécrétions génitales au cours du cycle œstral.

Donc selon Guay (1966a), il n'y a aucune relation entre le sodium sanguin et utérin, ce qui concorde avec les résultats de Hugentobler *et al.* (2007) et de Guay (1966a).

3.1.2 PHOSPHORE DES SECRETIONS UTERINES ET DU SERUM

Il est admis que le phosphore contenu dans les sécrétions utérines joue un rôle dans le métabolisme du spermatozoïde; en effet ce dernier puise son énergie dans le milieu utérin même avant d'atteindre l'oviducte. Le phosphore semble l'élément vital du gamète male, et c'est certainement la raison pour laquelle les sécrétions utérines présentent des taux très élevés de cet élément en œstrus et en postœstrus [Guy et Lamothe., 1970].

Selon Guy et Lamothe (1970), le phosphore varie de façon cyclique et significative ($P < 0.05$) dans les sécrétions utérines des vaches normales. Dans la présente étude le phosphore ne présente pas des variations cycliques significatives avec des concentrations élevées pendant la phase folliculaire. Ces variations cycliques seraient alors nécessaires à la "capacitation" du spermatozoïde.

D'après Guy et Lamothe (1970), le phosphore sérique ne varie pas significativement ($p > 0.05$) au cours du cycle œstral chez la vache.

Les mêmes auteurs constatent que le métabolisme cellulaire utérin semble en être le seul régulateur local; aucune concentration sérique n'affecte le taux de phosphore retrouvé dans les sécrétions endometriales.

3.1.3 CALCIUM DES SECRÉTIONS UTÉRINES

Les concentrations en calcium des sécrétions utérines étaient inférieures que des niveaux de calcium sérique est conformée aux résultats rapportés par [Olds et Vandemark., 1957 ; Gupta., 1962 ; Heap., 1962 ; Guay et Lamothe., 1970]. Seulement des traces de calcium trouvées dans les sécrétions utérines collectées de la vache pendant la phase lutéale ou la phase folliculaire du cycle œstral [Guay et Lamothe., 1970]. Selon Schultz *et al.* (1971), le calcium est avéré présent à des concentrations sensiblement inférieures dans les sécrétions utérines de la brebis, que dans le sérum.

La constatation que le calcium dans le fluide utérin était plus haut près et pendant l'œstrus que pendant la phase lutéale du cycle est conforme au rapport d'Olds et de VanDemark (1957). D'après Schultz *et al.* (1971), les concentrations de calcium dans les sécrétions utérines, mais pas dans le sérum, ont été sensiblement associés à la phase du cycle œstral.

D'après nos résultats, le calcium présente des variations cycliques significatives ($P < 0.05$). Lorsque le calcium joue un rôle important dans la capacitation on le trouve avec des concentrations élevées pendant la phase folliculaire. Le spermatozoïde au cours de sa présence dans le tractus génital femelle utilise le calcium des sécrétions génitales pour des variétés de fonctions surtout pour la capacitation.

Chez les humains, Phillips *et al.* (1952) sont d'avis que le calcium sanguins atteigne leur taux maximum au moment de l'ovulation.

3.2 ELECTROLYTES DES SECRETIONS OVIDUCTAIRES

Le fluide tubaire représente le milieu aqueux dans lequel des gamètes males et femelle et l'embryons sont suspendus pendant leur passage dans l'oviducte. Ce fluide est une mixture complexe des ions et des macromolécules solubilisées dans l'eau. Certains composés sont dérivés du sérum ; tandis que d'autres sont synthétisés dans l'épithélium et sécrétés dans la lumière [Leese., 1988 ; Thibault et Levasseur., 2001 ; Aguilar et Reyley., 2005].

Puisque la composition ionique de fluide tubaire est différente de celle du sérum, on le suppose qu'un transport sélectif différentiel d'ions est présent dans la paroi de l'oviducte [Leese., 1988].

Grace à la perméabilité sélective de l'épithélium de l'oviducte, le liquide tubaire se caractérise par une concentration élevée en ions potassium, surtout dans l'ampoule, et en bicarbonate alors que les ions Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , et Cl^- sont en concentrations voisines dans les deux compartiments sanguins et tubaires [Thibault et Levasseur., 2001].

D'après nos résultats, aucune variation significative n'a été constatée concernant les électrolytes des sécrétions tubaires ($P > 0,05$).

4 CONCLUSION

Certains électrolytes des sécrétions utérines présentent des variations cyclique ce qui indique l'effet des hormones ovariennes sur les composantes des sécrétions génitales. Ces variations cycliques peuvent être une partie de modifications utérine, qui favorisent ses fonctions physiologiques pendant le cycle œstral et sont sous l'influence des hormones ovariennes.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement mon marie Dr Guerri Ramdhane, puis j'exprime ma profonde gratitude au Docteur Yahia Atia; pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté.

REFERENCES

- [1] Aguilar J et Reyley M., 2005. The uterine tubal fluid: secretion, composition and biological effects. *Anim. Reprod.* 2:91-105
- [2] Alavi-Shoushtari S.M., Asri-Rezai. S., et Abshenas., J., 2006. A study of the uterine protein variations during the estrous cycle in the cow: Molecular weights determination. *Anim. Reprod. Science.* 105 : 302–310
- [3] Bavister B.D., 2000. Interactions between embryos and the culture milieu. *Theriogenology* 53 : 619–626.
- [4] Guay P., 1966 c. Valeurs du calcium dans le sang et dans les secretions genitales de la vache, au cours du cycle normal. *CAN. VET. JOUR.*, vol. 7, no. 8 :169-174.
- [5] Guay P et Lamothe P., 1969. Etude biochimique des sécrétions génitales de femelles bovines infécondes qui présentent des cycles oestral normaux. *Can. J. comp. Med.* 33 :93-97
- [6] Guay P et Lamothe P., 1970. Electrolytes des sécrétions intra-utérines bovines lors d'infertilité sine materia. *Can. J. comp. Med.* 34 :167-176
- [7] Heap R.B., 1962. Some chemical constituents of uterine washings: a method of analysis with results from various species. *J. Endocrin.* 24:367-378
- [8] Hugentobler S.A., Morris D.G., Sreenan J.M. and Diskin M.G., 2007. Ion concentrations in oviduct and uterine fluid and blood serum during the estrous cycle in the bovine. *Theriogenology* 68: 538-548
- [9] Iritani. A., Gomes W. R and Vandemark N. L., 1969. Secretion Rates and Chemical
- [10] Composition of Oviduct and Uterine Fluids in Ewes. *Biology of reproduction* 1: 72-76
- [11] Lamothe P., Guay P., et Tremblay A., 1972a. Le glucose du sang et des sécrétions endométriales chez deux groupes de femelles bovines dont l'un est atteint d'infertilité sine materia . *CAN. VET. JOUR.* 13 :29-32
- [12] Lamothe P., Guay P., Ibrahim M et Tremblay A., 1972b. Les protéines totales et leurs fractions dans le sérum et dans les sécrétions endométriales chez la vache atteinte d'infertilité sine materia . *Can. J. comp. Med.* 36: 94-98
- [13] Leese H.J., 1988. The formation and function of oviduct fluid. *J. Reprod. Fert.* 82 : 843– 856.
- [14] Leese H.J., 1995. Metabolic control during preimplantation mammalian development. *Hum. Reprod. Update* 1 : 63–72.

- [15] Murdoch R. N. et White I. G., 1969. The activity of enzymes in the rabbit uterus and effect of progesterone and oestradiol. *J. Endocr.* 43: 167-174.
- [16] Olds D and Vandemark N L., 1957. Composition of luminal fluids of bovine female genitalia. *Fertility Sterility* 8, 345-354.
- [17] Phillips., Robert S., Augusta B., McCOORD and Pommerenke W. T., 1952. Serum electrolytes in the menstrual cycle. *Fert. Steril.* 3: 402.
- [18] Shultz R.H., Fahning M.L et Graham E.F., 1971. A chemical study of uterine fluid and blood serum of normal cows during the oestrous cycle. *J.Reprod.Fert.*27:355-367
- [19] Thibault C et Levasseur M-C., 2001.La Reproduction chez les mammifères et l'homme. Nouv. éd. ent. ref. ed. Paris: INRA : Ellipses, 2001:928 p., 928 p. de pl.

PHÉNOLOGIE DES ARDÉIFORMES DE LA ZONE HUMIDE FOUARAT DE KÉNITRA (MAROC)

[PHENOLOGY OF THE ARDEIFORMES OF FOUARAT'S WETLAND OF KENITRA (MOROCCO)]

Mostafa Fareh¹, Franchimont Jacques², Omar El Rhaouat¹, Driss Belghyti¹, and Khadija El Kharirim¹

¹Laboratoire Environnement et Energies Renouvelables, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P : 133, Kénitra, Maroc

²Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismaïl, Meknès, Maroc

Copyright © 2015 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: Fouarat's swamp is one of the Gharb's region wetlands. It represents a habitat for an important fauna and flora which are clearly in perpetual seasonal changes. In order to enhance this area, and to show its importance in the local, regional and national biodiversity, we undertook to study its avian biodiversity, including that of the Ardeiformes order and its different species phenology, putting the accent on the nesting, wintering and migration pre - and post-nuptial of its taxa. Notification of presence and almost weekly censuses were done in 2013, which allowed us to make a list of all the Ardeiformes species in the marsh and to have an idea about the seasonal fluctuations of their numbers. During our visits, we met ten Ardeiformes species: Little Bittern (*Ixobrychus minutus*), Black-crowned Night Heron (*Nycticorax nycticorax*), Cattle Egret (*Bubulcus ibis*), Squacco Heron (*Ardeola ralloides*), Little Egret (*Egretta garzetta*), Great White Egret (*Casmerodius albus*), Grey Heron (*Ardea cinerea*), Purple Heron (*Ardea purpurea*), Glossy Ibis (*Plegadis falcinellus*) and Spoonbill (*Platalea leucorodia*).

KEYWORDS: Phenology, Ardeiformes, Swamp of Fouarat, Kenitra, Morocco.

RESUME: Le marais de Fouarat représente l'une des zones humides de la région du Gharb. Il abrite une faune et une flore aussi importante l'une que l'autre et manifestement en perpétuels changements saisonniers. Dans le but de mettre cette zone en valeur, et de montrer son importance dans la biodiversité locale, régionale et nationale, nous avons entrepris d'étudier sa biodiversité aviaire, notamment celle de l'ordre des Ardeiformes et la phénologie des différentes espèces qui le composent, en mettant le point sur la nidification, l'hivernage et la migration pré - et postnuptiale des taxons en question. Des notifications de présences et des recensements quasi hebdomadaires ont été réalisés durant l'année 2013, qui nous ont permis de dresser la liste de toutes les espèces d'Ardeiformes vivant dans le marais et d'avoir une idée sur les fluctuations de leurs effectifs saisonniers.

Nous avons rencontré lors de nos visites dix espèces d'Ardeiformes, à savoir : le Blongios nain (*Ixobrychus minutus*), le Bihoreau gris (*Nycticorax nycticorax*), le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), le Crabier chevelu (*Ardeola ralloides*), l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), la Grande Aigrette (*Casmerodius albus*), le Héron cendré (*Ardea cinerea*), le Héron pourpre (*Ardea purpurea*), l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) et la Spatule blanche (*Platalea leucorodia*).

MOTS-CLEFS: Phénologie, Ardeiformes, Marais de Fouarat, Kénitra, Maroc.

1 INTRODUCTION

La zone humide Fouarat de Kénitra est l'une des rares et belles roselières du Maroc. Bien qu'elle ne bénéficie pour le moment d'aucun statut de conservation, c'est une zone d'importance écologique croissante ; par ses qualités écologiques et par la diversité de ses différents habitats, elle offre un havre de paix et un milieu idéal pour un nombre important d'espèces d'oiseaux de statuts phénologiques différents, à savoir des nicheurs sédentaires, des nicheurs estivants, des migrateurs pré- et postnuptiaux, des hivernants, ou certaines espèces occasionnelles plus rares, voire accidentelles.

En général, le statut phénologique des oiseaux du Maroc appartenant à l'ordre des Ardéiformes (tel que définit selon la référence [1]) est relativement connu [2], [3], cependant, chacun des biotopes du pays présente ses spécificités et ses caractéristiques, et le statut phénologique de l'une ou l'autre espèce peut être différent pour l'un ou l'autre biotope. De plus, ce statut peut également subir d'éventuels changements au cours du temps.

L'objectif de notre étude consiste, d'une part, à la mise en évidence du statut phénologique des Ardéiformes de ladite zone, ainsi qu'à la mise en place d'une référence pour le site à ce sujet, dans l'espoir de réaliser ensuite la même étude pour toutes les entités taxonomiques susceptibles de s'y rencontrer et, d'autre part, à la mise en valeur de l'importance du site dans la conservation des oiseaux qui l'habitent.

2 MATÉRIEL

2.1 ZONE D'ÉTUDE (FIGURE 1)

Notre étude a été menée sur la zone humide de Fouarat (34°15' N ; 06°32' W), qui est une zone marécageuse jouxtant la partie nord-est de la ville de Kénitra. Il s'agit d'un complexe de vastes surfaces de formations végétales aquatiques, et d'une large étendue ramifiée d'eau peu profonde, alimentée en permanence par l'oued Fouarat, par les eaux usées d'une bonne partie de la ville de Kénitra, engendrant une pollution faible par rapport à la moyenne de celle connue pour les eaux usées urbaines du Maroc [4], et par les eaux pluviales (la pluviométrie peut atteindre 650 mm/an). La superficie de la zone inondée par ces eaux peut atteindre 620 hectares à la saison des pluies et se rétrécir à la moitié de cette surface lors des étés secs [5].



Fig. 1. Zone humide de Fouarat et localisation des différentes stations d'observation [6]

Le plan d'eau abrite une ichthyofaune relativement importante, se composant principalement de poissons d'eau douce, comme la Carpe commune (*Cyprinus carpio*), l'Anguille commune (*Anguilla anguilla*) et une espèce de Cichlidé (*Tilapia sp*). Le lac est bordé d'un couvert végétal richement diversifié, se composant de plantes aquatiques comme la Massette à feuilles étroites (*Typha angustifolia* L.), le Jonc piquant (*Juncus acutus* L), le Jonc maritime (*Juncus maritimus* Lamk), le Souchet odorant (*Cyperus longus* L), le Phragmite (*Phragmites communis* Trin.) et de plantes terrestres comme les Eucalyptus

(*Eucalyptus spp*), les Acacias (*Acacia spp*), le Tamaris commun (*Tamarix gallica*), le Peuplier blanc (*Populus alba*) ainsi qu'un grand nombre d'espèces de plantes herbacées.

La végétation aquatique offre un milieu idéal pour la nidification de bon nombre d'espèces d'oiseaux, plus particulièrement la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) et le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) ; sont aussi reproducteurs le Grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*), le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), etc. Tandis que les arbres servent d'endroits propices pour la nidification de la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*), de la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*), du Bulbul des jardins (*Pycnonotus barbatus*) et du Merle noir (*Turdus merula*)...

Le marais de Fouarat abrite une faune très diversifiée se composant, en plus d'oiseaux :

- de Mammifères, plus particulièrement, le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) et quelques espèces de Rongeurs.
- de Reptiles : deux espèces de Chéloniens (l'Émyde lépreuse *Mauremys leprosa* et la Tortue grecque *Testudo graeca*) ; trois espèces d'Ophidiens (la Couleuvre vipérine *Natrix maura*, la Couleuvre fer à cheval *Hemorrhois hippocrepis* et la Couleuvre de Montpellier *Malpolon monspessulanus*, dont quelques spécimens ont été identifiés, écrasés sur la route) ; le Caméléon commun (*Chamaeleo chamaeleon*) ;
- de Batraciens : la Grenouille verte d'Afrique du Nord *Rana saharica*, la Rainette méridionale *Hyla meridionalis*, le Crapaud berbère *Bufo mauritanicus* et le Crapaud vert d'Afrique du Nord *Pseudepidalea boulengeri* ;
- d'un très grand nombre d'espèces d'insectes.

3 MÉTHODES

L'observation, et par la suite le dénombrement des différentes espèces concernées par notre étude ont été réalisés au niveau des sept stations définies sur la carte géographique de la zone d'étude (Figure 1). Cette étude s'est étalée sur une année, avec un rythme quasiment hebdomadaire lorsque les conditions météorologiques le permettaient, et durant toute la journée ; le matin était consacré aux stations de la partie est du site (pour éviter le contre-jour et pour mieux identifier les différentes espèces rencontrées, et prendre des photos si nécessaire) ; et l'après-midi, à celles de la partie ouest du site (pour les mêmes raisons).

Le matériel utilisé pour réaliser cette étude se compose d'une paire de jumelles (BRESEER CONDOR 8x40), d'une longue-vue (SWAROVSKI OPTIK HABICHT 30 X 75), d'un appareil photo de type compact et d'un guide de terrain [3].

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Mis à part le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*), le Héron pâle (*Ardea monicae*) et l'Aigrette des récifs ou à gorge blanche (*Egretta gularis*), qui sont des espèces rares et soumises à l'homologation au Maroc [7], nous avons pu rencontrer toutes les espèces de l'ordre des Ardeiformes susceptibles d'être contactés régulièrement au Maroc à l'une ou l'autre période de l'année.

4.1 BLONGIOS NAIN (*IXOBRYCHUS MINUTUS*)

Considéré comme le plus petit héron visible au Maroc [2], ce Botaurné fréquente les grandes étendues de roselières denses, ses effectifs marocains ne dépassant pas les cinquante couples. Il est très rare, très localisé et en danger ; son aire de répartition connue se limitait au Barrage Mechra Homadi, aux Marais de Smir et du Bas Loukkos, aux embouchures des Oueds Souss et Massa [8]. L'espèce était en déclin en Europe entre les années 1970 et 1990, déclin qui s'est arrêté sans que l'espèce puisse récupérer ses effectifs antérieurs [9].

Le Blongios nain est considéré comme un migrateur au long cours en Europe et comme sédentaire ou nicheur occasionnel au Maroc [9], sa reproduction a été prouvée au Barrage Mechra Homadi, dans la vallée du Bou-Regreg, dans celle du Souss, dans l'embouchure de l'Oued Massa [10]. Et aux marais du Bas Loukkos [11] ; elle a été signalée possible suite à l'observation d'un mâle en plumage nuptial le 02/06/1976 à Sidi Bou Ghaba [12], à Fouarat avec l'observation de trois mâles et deux femelles le 11 juin 2011, date correspondant à la période de reproduction [13] et à Dar Bouazza [14]. Par ailleurs, l'espèce fait partie de l'avifaune nicheuse du bassin méditerranéen dans quelques zones humides en Algérie [15], en Tunisie [16] et en Camargue [17].

Nous n'avons rencontré ce taxon qu'à trois reprises, toutes en migration prénuptiale : un mâle au vol le 02/05/2013 aux alentours de la héronnière mixte localisée à l'est du marais ; deux femelles, une au vol et l'autre posée dans les roseaux approximativement au même endroit le 13/05/2013 ; et un mâle au vol puis posé dans les roseaux le 23/05/2013 à

l'extrémité sud-est du marais. Mis à part le plumage nuptial qui coïncide avec la saison, nous n'avons pas décelé le moindre comportement reproducteur, ni parade nuptiale ni chant. Néanmoins, nos observations printanières tardives, associées au comportement très discret de l'espèce font de cet oiseau un nicheur probable, mais difficilement repérable sur le site. C'est également sans aucun doute, un migrateur rare en transit régulier sur le site. Malgré nos nombreuses prospections automnales, aucun oiseau n'a été vu en migration postnuptiale, les spécimens migrants traversant souvent le Maroc généralement de nuit et d'une façon très discrète [18].

4.2 BIHOREAU GRIS (*NYCTICORAX NYCTICORAX*)

Cet Ardeiné, dont les mœurs sont principalement nocturnes, peut être actif de jour en période de reproduction [2]. Ses populations ont montré un déclin en Europe entre les années 1970 et 1990, déclin qui s'est arrêté sans que l'espèce puisse récupérer les effectifs connus avant ces dates [9]. Au Maroc, il est classé comme vulnérable [8], [9] ; son aire de répartition englobe la Péninsule tingitane, le Pré-Rif, le Gharb, le Saïs, les Zaïers, le Plateau Central, le Moyen Atlas, la Chaouïa et le Haouz. Il niche sur les arbres bordant les lacs, dans les marais ou le long des oueds. Ses effectifs sont estimés de 500 à 1500 couples [8].

Le Bihoreau gris est classé parmi les migrants au long cours en Europe, et comme nicheur migrateur et hivernant très rare Au Maroc [8]. L'espèce est considérée comme nicheuse à Sidi Bou Ghaba depuis fort bien longtemps [12], aux marais de Smir [19], aux marais du Bas Loukkos [10] ; [20] in [11], à Rabat et à Tétouan [21], à Lalla Takerkoust, à Aït Ourir et au marais de Marrakech [22] ; elle est nicheuse probable à Dar Bouazza [14]. D'autre part le Bihoreau gris est un nicheur au parc Doñana en Espagne [23] et en Camargue [17].

Le 15/03/2013, 15 individus sont notés dans la colonie des Hérons garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) installée sur les acacias à l'est du plan d'eau. Les effectifs du Bihoreau gris ont augmenté au fil du temps jusqu'à atteindre une soixantaine d'individus le 03/04/2013, toujours au même endroit. Le 07/04/2013, leur effectif a diminué de moitié, cette diminution pouvant s'interpréter par le fait que presque la moitié des oiseaux rencontrés au début du printemps devaient être des migrants en halte. Le 13/04/2013, nous avons vu 14 individus sur leurs nids en train de couvrir, avec 20 oiseaux dispersés dans les acacias çà et là, mais toujours dans la colonie des Garde-bœufs, puis le même nombre de nids occupés avec 18 autres ensuite jusqu'au 28/06/2013, l'effectif maximal noté ne dépassant pas 34 individus dont six jeunes.

La seule donnée hivernale de cette espèce concerne trois oiseaux vus dans l'extrême partie sud-est du marais, et ce le 03/01/2013.

Nous pouvons conclure que ce héron est un nicheur estivant, un migrateur et un hivernant très rare pour le marais de Fouarat.

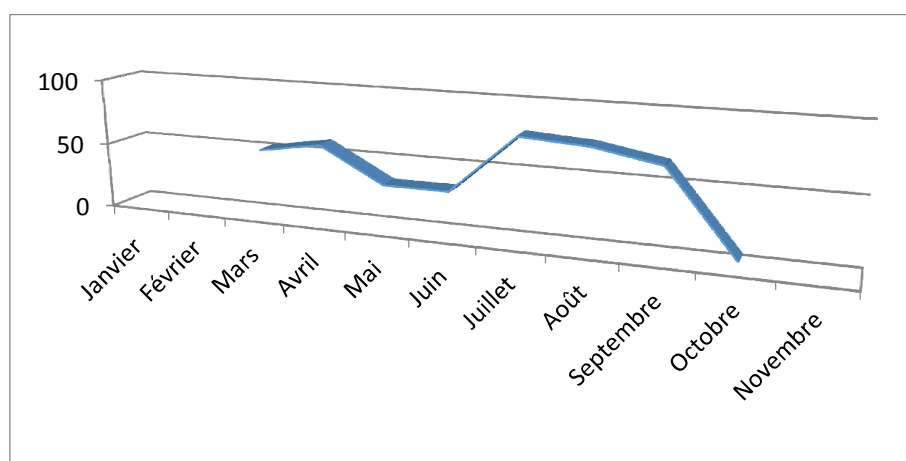


Fig. 2. Evolution des effectifs du Bihoreau gris à Fouarat en 2013

4.3 HERON GARDE-BŒUFS (*BUBULCUS IBIS*)

Non menacé au Maroc [9], c'est le plus commun de tous les Ardéiformes de la zone étudiée. L'espèce est régulièrement observée partout dans le marais avec des effectifs importants, dépassant souvent un total de 300 individus, depuis le mois de septembre jusqu'au mois de janvier. Dès la mi-février, nous avons noté les prémices de la formation de la colonie précitée.

L'activité des premiers couples nicheurs transportant des matériaux pour leurs nids a été notée le 24/02/2013 ; cette activité a atteint son apogée au début d'avril, lorsque nous avons comptabilisé plus de 300 nids occupés, dont quelques-uns contenaient des jeunes fraîchement éclos.

C'est donc un nicheur sédentaire, un migrateur et un hivernant pour le site.

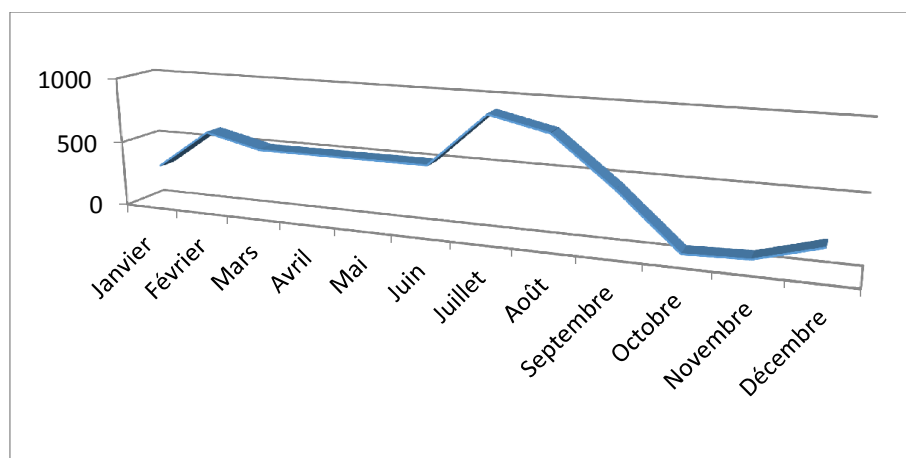


Fig. 3. Evolution des effectifs du Héron garde-bœufs à Fouarat en 2013

4.4 CRABIER CHEVELU (*ARDEOLA RALLOIDES*)

Le statut de conservation de ce héron est inquiétant ; en effet, il est en déclin en Europe [9] et en danger au Maroc [8], [9]. Il vit dans les marais avec une épaisse végétation riveraine et aquatique se composant d'arbres, de buissons ou de roseaux ; son aire de répartition est limitée aux marais du Bas Loukkos, à l'embouchure de la Moulouya, aux marais de Smir, au Tafilalt et au Haouz [8]. À l'échelle nationale, ses effectifs sont estimés entre 15 et 85 couples.

Le Crabier chevelu est un migrateur au long cours en Europe [9] et est un visiteur d'été, migrateur de passage et hivernant au Maroc [8]. Il est connu comme nicheur à l'embouchure de la Moulouya, aux marais du Bas Loukkos [10], au marais de Smir [19], à Rabat [21]. C'était aussi un nicheur possible à Sidi Bou Ghaba [12], au marais de Marrakech [22] et à Dar Bouazza [14]. D'autre part, cet oiseau est un nicheur à Doñana [23] et en Camargue [17].

Cet Ardeiné est certes rencontré lors de toutes nos investigations, durant toute l'année, mais avec des effectifs relativement modestes, avec un maximum de 8 exemplaires le 29/11/2013 en période de migration automnale, et un total de 12 oiseaux le 24/02/2013 en migration printanière.

En hiver, un total maximal ne dépassant pas trois oiseaux sont vus sur le site le 23/01/2013.

Tout de même, à partir du 07/04/2013, au moins 4 couples sont venus se mêler à la colonie des Hérons garde-bœufs ; en effet, nous avons noté 4 individus sur 4 nids différents à l'extrémité est de la colonie, et trois oiseaux perchés à côté, laissant supposer qu'il pourrait s'agir des conjoints des oiseaux précités.

On peut donc conclure que c'est un nicheur, un migrateur et un hivernant rare pour le marais de Fouarat.

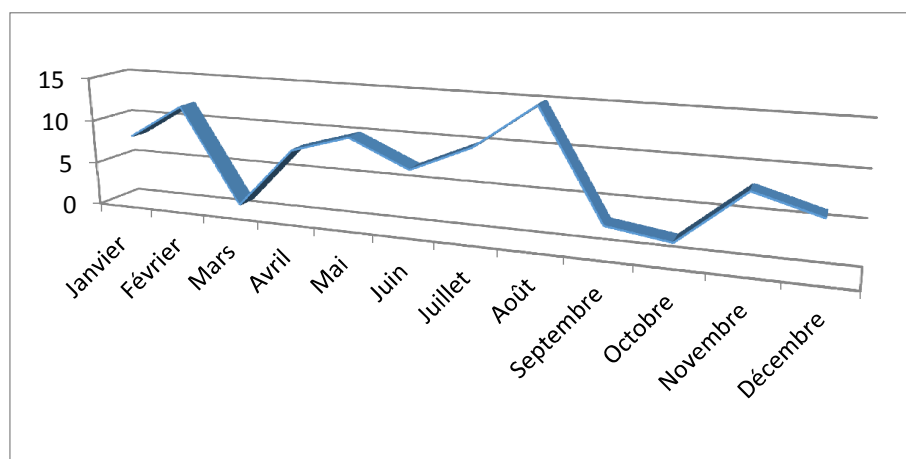


Fig. 4. Evolution des effectifs du Crabier chevelu à Fouarat en 2013

4.5 AIGRETTE GARZETTE (*EGRETTA GARZETTA*)

L'Aigrette garzette est une espèce hivernante en Europe, alors qu'elle est sédentaire au Maroc [9]. Sa reproduction a été démontrée aux marais du Bas Loukkos depuis les années cinquante [24], aux marais de Smir [10], [19], au Bas Tahaddart [25], à Sidi Bou Ghaba [12] et au Barrage de l'Ayoune qui représente la limite méridionale de nidification de l'espèce connue jusqu'à nos jours [26], à Lalla Takerkoust, à Aït Ourir, au dépotoir de Marrakech et à Souk Essebt [22] et à Rabat [21]. Elle est nicheuse possible à Dar Bouazza [14]. Par ailleurs, elle est connue comme nicheuse au Doñana [23].

Ce taxon est vulnérable au Maroc [8], mais pas menacé en Europe ; il est noté reproducteur au sein de la colonie mixte déjà citée. Le premier couple est consigné le 15/03/2013 avec des comportements reproducteurs et l'ébauche du nid, tandis que le second couple a commencé la construction de son nid, lorsque le premier voyait déjà éclore ses œufs depuis presque une semaine, et ce le 24/04/2013.

Lors de presque toutes nos visites, un à deux oiseaux sont notés ; cependant, en hiver, les effectifs de l'espèce ont connu une augmentation atteignant un maximum de 15 individus le 21/12/2013, mais ils n'ont pas connu de grandes fluctuations durant toute la saison, puisqu'ils oscillaient entre 10 et 14 oiseaux. Cette espèce est donc hivernante et nicheuse rare pour le marais de Fouarat.

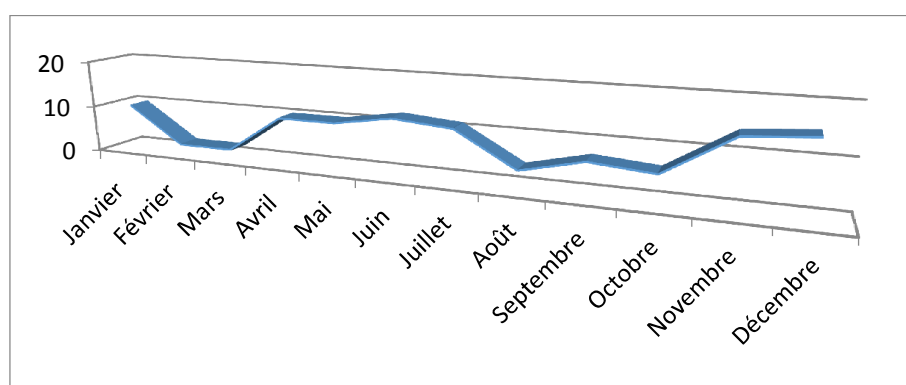


Fig. 5. Evolution des effectifs de l'Aigrette garzette à Fouarat en 2013

4.6 GRANDE AIGRETTE (*CASMERODIUS ALBUS*)

Ne bénéficiant d'aucun statut de conservation au Maroc, la Grande Aigrette était jadis considérée comme menacée dans le Paléarctique Occidental [27]. Il y a peu de temps, cette espèce figurait sur la liste des oiseaux homologables au Maroc, mais a récemment été retirée de cette liste le 22 mai 2012, suite à une décision de la Commission d'Homologation du Maroc (CHM) [28]. En effet, elle a connu, en plus de sa régularité croissante au Maroc, une augmentation locale du nombre d'hivernants dans tout le pays [29].

La Grande Aigrette est maintenant considérée comme hivernante et migratrice au long cours régulière au Maroc [30], suite probablement à l'expansion de la population ouest-européenne [17], [31]. Le marais du Bas Loukkos est le site où la Grande Aigrette a été le plus souvent observée au Maroc [32] ; en 2008, des indices d'une éventuelle reproduction de l'espèce ont décelés sur le site [33]. Par ailleurs, la CHM a décidé de faire passer son statut phénologique d'espèce rare à hivernante et migratrice au long cours, en tenant compte de l'évolution du statut de l'espèce au Maroc [30], [32].

L'espèce n'a été rencontrée sur la zone humide de Fouarat qu'une seule fois durant toute la période de notre étude, à savoir 2 individus le 29/11/2013 ; il s'agit de la première observation connue de l'oiseau sur ce site. Ces oiseaux ne seront plus revus lors de nos investigations ultérieures, ce qui laisse supposer qu'ils étaient en halte de migration postnuptiale et, de ce fait, cette espèce peut être considérée comme une migratrice très rare pour notre zone d'étude.

4.7 HÉRON CENDRÉ (*ARDEA CINEREA*)

Considéré comme une espèce vulnérable pour la nidification au Maroc [9], le Héron cendré n'est pas menacé en Europe.

Le Héron cendré a niché dans les années soixante à Lalla Takerkoust et probablement au marais de Marrakech [34] in [22], à Mohammedia [35], avec une tentative de nidification à Sidi Bou Ghaba dans les années soixante-dix [12]. C'est aussi un hivernant entre autre dans la Mamora et à Ben Slimane [36], à Dar Bouazza [14] et au marais de Fouarat [5]. Par ailleurs, le Héron cendré est nicheur en Camargue [17].

Il se rencontre en hiver en nombre relativement faible ne dépassant pas 15 exemplaires, comme ce fut le cas le 03/01/2013. En période de migration pré-nuptiale, les effectifs restent très modestes et ne dépassent guère trois oiseaux dans le marais. Cependant, nous avons noté une augmentation très importante des effectifs en période de migration postnuptiale, atteignant 92 exemplaires le 20/09/2013.

En été, un à deux oiseaux non nicheurs sont notés dans le marais, par exemple deux individus sont vus le 07/06/2013 et un exemplaire les 14 et 28/06/2013 ; il pourrait s'agir de migrants très tardifs, voire d'estivants non nicheurs.

À Fouarat, l'espèce est donc surtout migratrice, hivernante et estivante en faibles effectifs.

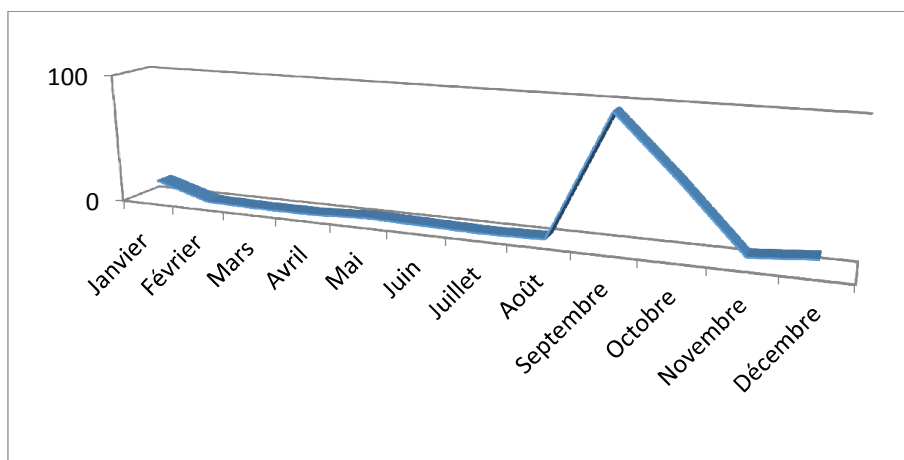


Fig. 6. Evolution des effectifs du Héron cendré à Fouarat en 2013

4.8 HÉRON POURPRÉ (*ARDEA PURPUREA*)

En danger au Maroc [8], [9] et en déclin en Europe [9]. C'est un nicheur estivant, migrateur et hivernant rare au Maroc. Les effectifs de cette espèce, qui vit dans les roselières étendues, mais se rencontre également en dehors de la période de reproduction dans les zones humides ouvertes bordées de végétation sont estimés entre 25 et 50 couples. L'aire de répartition de l'espèce se limite localement surtout dans le nord du pays : à Smir [19], [37], à Douiyet [21], [38] à l'embouchure de la Moulouya [8], [39], au Bas Loukkos [10] et au Bas Tahaddart [25].

Bien que la reproduction n'a jamais été prouvée au marais de Marrakech ni à Lalla Takerkoust, elle y était possible [22]. Cependant, l'espèce a disparu comme nicheuse dans plusieurs zones humides du Maroc au cours du 20^{ème} siècle [10], notamment à Douiyet, suite probablement aux travaux d'aménagement des roselières [40].

À Fouarat, le Héron pourpré est noté une seule fois en période de migration prénuptiale, lorsque nous avons vu 2 oiseaux en halte de migration le 07/04/2013. Depuis lors, l'espèce n'a plus été revue. On pourrait donc dire que, pour la zone humide de Fouarat, cette espèce est une migratrice très rare.

4.9 IBIS FALCINELLE (*PLEGADIS FALCINELLUS*)

L'ibis falcinelle est une espèce qui vit dans les roselières et les ripisylves. Ses effectifs à l'échelle nationale ont connu une hausse importante ces dernières années, que ce soit en hiver ou bien en périodes de migrations et cette hausse est due sans doute à l'augmentation des effectifs des oiseaux nicheurs en Espagne [31], ce qui pousse ceux-ci à venir hiverner au Maroc, plus particulièrement au Bas Loukkos [33], à tel point qu'un super record national de 800 à 1000 exemplaires y ont été vus le 13/10/2005, puis encore de 1200 exemplaires le mois suivant [29]. Malgré cela, il est considéré en danger comme espèce nicheuse au Maroc ; et en déclin en Europe ; ses effectifs sont estimés à quelques dizaines de couples, l'oiseau nichant occasionnellement à M'diq près de Smir [41] et à Massa où sa nidification a été découverte en 1994 [42]. La nidification de l'espèce était quand même possible au Marais de Marrakech dans les années quatre-vingts [22] et à Dar Bouazza où elle est présente toute l'année [14]. Elle hiverne dans les marais du Tangerois, du Gharb, du centre Atlantique et du Souss [8]. Par ailleurs, l'ibis falcinelle est un nicheur en Algérie, au lac Fetzara, à Chatt, à Dakhla (Algérie) [43] et au lac Tonga après 140 ans d'absence [43], [44], au Barrage Lebna en Tunisie [45], à Doñana [23], au lac du Grand-Lieu (Loire Atlantique) en France [46] ; il a aussi niché en 2006, après 10 années d'absence, en Camargue, où quelques contrôles ont montré que les oiseaux sont originaires du Delta de l'Ebre et du Parc de Doñana [17].

Aux marais de Fouarat, après l'hiver 2012/2013, durant lequel 44 furent comptabilisés le 03/01/2013, l'effectif de l'espèce s'est élevé au printemps suivant pour atteindre 55 exemplaires le 15/03/2013

Avec notre étude, l'ibis falcinelle vient s'ajouter pour la première fois à la liste des espèces nicheuses sur le site. En effet, au cours de ce printemps, nous avons noté les deux premiers couples tout au début de la construction de leurs nids le 24/03/2013. Le 29/03/2013, ils étaient 12 couples en train de construire leurs nids ; deux jours plus tard, 34 couples ont été comptabilisés [13], puis le nombre de nids a augmenté au fil du temps pour atteindre un total de 53 nids le 07/04/2013.



Fig. 7. Ibis falcinelle couvant ses œufs aux marais de Fouarat, 07 avril 2013
(Photo : Mostafa FAREH)

Désormais, d'après nos observations, nous pouvons dire que l'ibis falcinelle est un migrateur, un hivernant et surtout un oiseau nicheur dans la zone humide de Fouarat.

À noter que suite à la lecture de bagues de quelques oiseaux nicheurs sur le site, il s'est avéré qu'ils sont originaires d'Espagne.

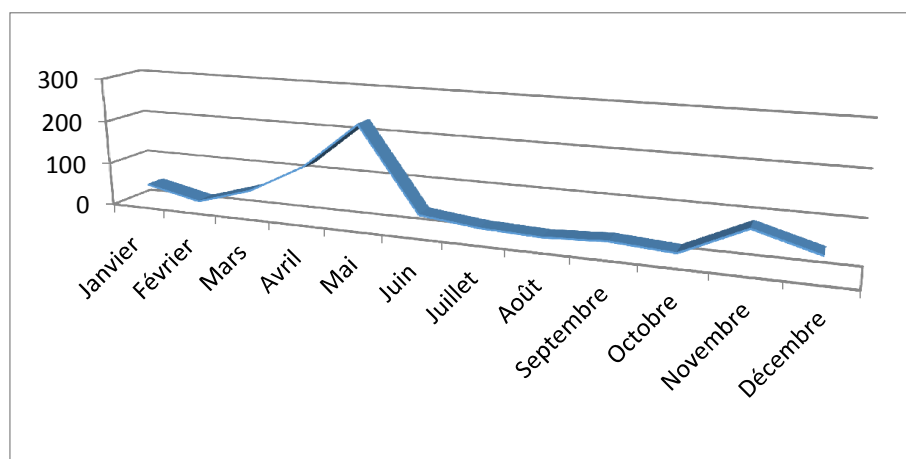


Fig. 8. Evolution des effectifs de l'Ibis falcinelle à Fouarat en 2013

4.10 SPATULE BLANCHE (*PLATALEA LEUCORODIA*)

Rare en Europe, en danger et menacée de disparition au Maroc [9]. La seule population marocaine nicheuse connue est très localisée : elle se trouve dans un bosquet de tamaris dans la zone humide de Smir. En hivernage et en migration l'espèce vit essentiellement dans les zones humides côtières, les marais, les lagunes et embouchures des oueds [8].

Aux marais de Smir, l'installation de l'espèce date de 1994 et la colonie comptait 15 couples en 2000 [47] ; en 2004, l'effectif des couples nicheurs a remonté à une vingtaine [11] ; En 2007, quinze exemplaires, dont 5 occupants des nids ont été notés le 25 avril [19].

Au marais de Fouarat, la seule donnée hivernale de ce Threskiornithiné concernait 84 exemplaires vus au vol le 07/01/2013 ; il pourrait s'agir d'oiseaux hivernants sur des zones humides proches effectuant de courts déplacements et survolant occasionnellement notre zone d'études. En outre, un total de 12, ensuite 18 oiseaux ont été vus en migration postnuptiale, respectivement les 11 et 19/09/2013.

On peut donc dire que pour la zone humide de Fouarat, la Spatule blanche est une migratrice automnale et une espèce erratique en hiver.

5 CONCLUSION

Bien que jusqu'à présent, notre étude ait duré seulement une année, période malheureusement insuffisante pour tirer des conclusions probantes et définitives à propos des statuts phénologiques des Ardéiformes de la zone humide Fouarat de Kénitra, nous pensons tout de même qu'elle peut offrir une idée de l'importance que revêt ce site pour la biodiversité aviaire qui l'habite. Ce travail pourrait aussi servir à faire des comparaisons avec d'éventuelles études sur le même site dans le futur, ou bien avec les autres sites du pays.

Au Maroc, à l'exception des espèces d'Ardéiformes soumises à homologation, à savoir le Butor étoilé, le Héron pâle et l'Aigrette des récifs ou à gorge blanche ainsi que la Grande Aigrette, toutes les autres espèces sont, soit nicheuses estivantes ou sédentaires (le Blongios nain, le Héron garde-bœufs, l'Aigrette garzette), soit nicheuses rares (le Héron cendré, le Héron pourpré, l'Ibis falcinelle et la Spatule blanche). Aux marais de Fourat, le Héron cendré, le Héron pourpré et la Spatule blanche sont les seuls Ardéiformes qui ne sont pas connus reproducteurs sur le site.

D'autre part, les Ardéiformes connus à Fouarat y sont présents en hiver à l'exception du Blongios nain, du Héron pourpré et de la Grande Aigrette.

Enfin, à l'exception de la Spatule blanche notée seulement en migration automnale, toutes les espèces d'Ardéiformes signalées sur le site y sont observées en périodes de migrations pré - et postnuptiales.

Ceci dit, il paraît clairement que la zone humide Fouarat de Kénitra est d'une très grande importance pour les oiseaux parce qu'elle héberge une large diversité des espèces d'Ardéiformes connues au Maroc, qui s'y reproduisent (dont des espèces nationales très rares comme l'Ibis falcinelle, le Crabier chevelu, le Bihoreau gris, l'Aigrette garzette, et sans doute le Blongios nain). Ces arguments sont capitaux pour insister auprès des autorités sur la nécessité impérieuse et imminente

d'entreprendre des actions de protection et de conservation de la zone de Fouarat, d'autant plus que, située à proximité de la ville de Kénitra, si elle était parfaitement protégée, celle-ci pourrait aussi servir de zone-témoin pour la programmation d'activités éducatives et didactiques pour les élèves de la région, de manière à éveiller chez eux l'amour et le respect de leur environnement naturel.

REFERENCES

- [1] Valery, Schollaert, Liste d'oiseaux. Le Monde de l'Ornithologie.
[Online] available : <http://www.valeryschollaert.com/index.php?option=content&task=view&id=206>. (2013).
- [2] Groupe d'Ornithologie du Maroc (GOMAC) & Holcim Maroc, *Les Oiseaux du Maroc*. OKAD El Jadida. Rabat, 2006.
- [3] K. Mullarney, L. Svensson, D. Zetterstrom & P. J. Grant, *Le guide ornitho*. Delachaux & Niestlé. Paris, 1999.
- [4] Y. El Guamri, D. Belghyti, M. Cisse, K. El Kharrim, I. Sylla, S. Raweh, T. Barkia, H. Hassouni & A. Jamber, "Étude physico-chimique et parasitologique des eaux usées destinées à l'irrigation du périmètre périurbain de Fouarat (Kénitra, Maroc)," *Agronomie Africaine*, 19 (3) : 251-261, 2007.
- [5] S. Lahrouz, M. Dakki & N. Gmira, "The importance of Fouwarate marshland for wintering and breeding of the threatened ducks populations in Morocco, " *Journal of Animal & Plant Sciences*, 13: 1800-1810. In Reid, S.G.W.1885. Winter Notes from Morocco. *Ibis*, (5) 3: 241-255, 2012.
- [6] Wikimapia. 2014 [Online] available:
<http://wikimapia.org/#lang=en&lat=34.267999&lon=.561241&z=12&m=t>.
- [7] P. Bergier & M. Thévenot, "Liste des oiseaux du Maroc. Mise à jour février 2010," (rév. 3.0). *Go-South Bull*, 7 : 15-55, 2010.
- [8] M. A. El Agbani & A. Qninba, avec la collaboration de M. Radi, R. El Hamoumi, I. Cherkaoui, O. Himmi, A. Bouajaja & M. Dakki, "Les oiseaux d'intérêt patrimonial au Maroc," *Publication du GREPOM* n° 3. 55 p. 2011.
- [9] M. A. El Agbani, A. Qninba, M. Amezian, F. Cuzin & M. Dakki, "Le peuplement d'oiseaux d'eau du complexe des zones humides de Smir (Nord du Maroc) ; état actuel et évolution depuis les quatre dernières décennies," *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sér. Sciences de la Vie*, n° 31 (2) : 103-110, 2009.
- [10] M. Thévenot & A. Qninba, Les oiseaux d'eau nicheurs du Maroc. Présentation générale du peuplement et statut de conservation. Projet d'inscription de nouveaux sites sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, WWF, Eaux et Forêts, Institut Scientifique, Rapport inédit Rabat. 89 p, 2003.
- [11] A. Qninba & M. A. El Agbani, Les récents changements dans le statut phénologique au Maroc de quelques oiseaux d'eau et paludicoles, Actes du 32^{ème} Colloque Francophone d'Ornithologie : 13 et 14 décembre 2008. Bibliothèque Nationale de France. Paris. pp. 147-161, 2008.
- [12] M. Thévenot, "Les oiseaux de la réserve de Sidi-Bou-Rhaba," *Bull. Inst. Sci., n°1*, 32 p. 1976.
- [13] B. Maire, K. Laïdi & A. Mathurin, "La valeur patrimoniale croissante de la zone humide de Fouarat (Kenitra) pour quelques espèces-clés de l'avifaune marocaine," *Go-South Bull*, 10 : 198-202, 2013.
- [14] K. Laïdi & B. Maire, "L'intérêt ornithologique des zones humides de Dar Bouazza près de Casablanca," *Go-South Bull*, 10 : 21-26, 2013.
- [15] P. Isenmann & A. Moali, *Oiseaux d'Algérie. Birds of Algeria*. Société d'Etudes Ornithologiques de France. Paris, 2000.
- [16] P. Isenmann, T. Gaultier, A. El Hili, H. Azafzaf, H. Dleni & M. Smart, *Oiseaux de Tunisie. Birds of Tunisia*. Société d'études ornithologiques de France. Paris, 2005.
- [17] Y. Kayser, M. Gauthier-Clerc, A. Béchet, B. Poulin, G. Massez, Y. Chérain, J. Paoli, N. Sadoul, E. Vialet, G. Paulus, N. Vincent-Martin, P. Pilard & P. Isenmann, "Compte-rendu Ornithologique Camarguais pour les années 2001-2006," *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 63 : 299-349, 2008.
- [18] P. Géroutet, *Les Echassiers*. Editions, Delachaux & Niestlé, Neuchâtel. Suisse, 1967.
- [19] M. Amezian, A. Louah, I. Thompson, J. Cortes, M. A. El Agbani & A. Qninba, Les récents changements dans la composition du peuplement d'oiseaux d'eau nicheurs des marais de Smir, Nord-Ouest du Maroc. Communication aux 4^{èmes} Journées Nationales de Biodiversité, Tétouan : 26-27, Octobre 2007.
- [20] A. Benhoussa, A. Qninba, M. A. El Agbani & M. Dakki, Avifaune aquatique. Phase du diagnostic du volet ornithologie. Rapport inédit. Projet de gestion intégrée du complexe des zones humides du Bas Loukkos, 96 p, 2006.
- [21] M. Thévenot, P. Bergier & P. Beaubrun, "Compte-rendu d'ornithologie marocaine, année 1979," *Doc. Inst. Sci. Rabat* : 68 p, 1980.
- [22] D. Barreau & P. Bergier, "L'avifaune de la région de Marrakech (Haouz et Haut Atlas de Marrakech, Maroc)," 1. Le cadre. *Alauda*, 68: 301-310; 2. Les espèces : non passereaux. *Alauda*, 69: 167-202; 3. Les espèces : passereaux. *Alauda*, 69: 261-309, 2000-2001.
- [23] S. Santoro, M. Máñez, A. J. Green & J. Figuerola, "Formation and growth of a heronry in a managed wetland in Doñana, southwest Spain," *Bird Study*, 57: 515-524, 2010.

- [24] J. A. Valverde, "Aves de Marruecos español en Julio," *Ardeola*, 2 : 87-114, 213-240, 1955-1956.
- [25] A. Qninba, L'avifaune aquatique du Bas Tahaddart : composition spécifique et estimation des effectifs des populations. Projet WADI : Gestion durable des eaux continentales et de transition dans les zones côtières méditerranéennes : analyses socio-économique et environnementale des changements et tendances pour le bénéfice durable des parties prenantes. Contrat n° INCO-CT-2005-015226-WADI. Rap. Inédit, 20 p, 2007.
- [26] A. Qninba, A. El Idrissi Essougrati, H. Bensouiba, M. Irizi & P. Bergier, "Nidification de l'Aigrette garzette *Egretta garzetta* dans la retenue de barrage d'Al Massira - Layoune en 2009," *Go-South Bull*, 6 : 104-106, 2009.
- [27] S. Cramp & K. E. L. eds. Simmons, *Handbook of the birds of Europe, Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*. Vol. 1 Ostrich to Ducks. Oxford University Press, 1977.
- [28] P. Bergier, J. Franchimont, M. Thévenot & CHM, "Les oiseaux rares au Maroc. Rapport de la Commission d'Homologation Marocaine Numéro 17," *Go-South Bull*, 9 : 13-32. 2012.
- [29] M. Fareh & J. Franchimont, "Chronique ornithologique du GOMAC, année 2005," *Go-South Bull*, 5 : 1-29, 2008.
- [30] P. Bergier, J. Franchimont & M. Thévenot & CHM, "Les oiseaux rares au Maroc. Rapport de la Commission d'Homologation Marocaine Numéro 12," *Go-South Bull*, 4 : 77-97, 2007.
- [31] Birdlife International, *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. Birdlife International. Cambridge, UK, 2004.
- [32] M. Thévenot & P. Bergier, "La grande aigrette *Casmerodius albus* au Maroc," *Go-South Bull*, 5 : 30-45, 2008.
- [33] A. Qninba, H. Rguibi Idrissi, O. Himmi, A. Benhoussa, M. A. El Agbani & M. Thévenot "Nouveaux cas de nidification d'oiseaux dans le complexe de zones humides du Bas Loukkos (Nord-Ouest du Maroc)," *Bull. Inst. Sci., Rabat, section Sciences de la Vie*, n°30 : 45-50, 2008.
- [34] P. Robin, "L'engoulevent du Sahara (*Caprimulgus aegyptius saharae*) dans le sud Marocain," *Oiseaux et R. F. O.* 39 : 1-7, 1969.
- [35] R. El Hamoumi & A. Qninba, "Nidification du Héron cendré *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 (Ciconiiformes, Ardeidae) à Mohammedia (côte atlantique marocaine) en 2007 et 2008," *Bull. Inst. Sci., Rabat, section Sciences de la Vie*, n°30 : 51-52, 2008.
- [36] A. Ichen, O. Himmi & R. Elhamoumi, "Contribution à la connaissance des oiseaux d'eau des dayas des plaines côtières du Maroc Nord-Atlantique (Maamora et Benslimane)," *Go-South Bull*, 9 : 152-154, 2012.
- [37] J. Pineau & M. Giraud-Audine, "Les oiseaux de la Péninsule Tingitane. Bilan des connaissances actuelles," *Trav. Inst. Sci. Rabat, sér. Zool*, 38, 147 p, 1979.
- [38] J. Franchimont, F. Fornairon, R. Chalot & E. K. Mdahri Alaoui, "L'avifaune du plan d'eau de DOUYIET (Maroc Central)," *PORPHYRIO*, 2 (1/2) : 5-52, 1990.
- [39] M. A. El Agbani, A. Qninba, S. Hamidi & A. Maamari, Diagnostic Ornithologique. Embouchure de l'oued Moulouya. Programme MedWetCoast-Maroc, Conservation des zones humides et des systèmes côtiers dans la région méditerranéenne. Secrétariat d'Etat à l'Environnement - Département des Eaux et Forêts et de Lutte contre la Désertification. 93 p, 2003.
- [40] J. Franchimont, E. Rour & A. Chahlaoui, "Remise à jour de l'avifaune du domaine royal de Douyiet (région du Saïs, Maroc Central) en 2004," Université Moulay Ismaïl de Meknès (Maroc) ; 09/2004 : 195-215, 2004.
- [41] M. Amezian, R. El Khamlichi & A. Elbanak, "Breeding of glossy ibis *Plegadis falcinellus* in the mixed heronry adjacent to smir marshes, northern morocco," *Alauda*, 80 (1) : 33-38, 2012.
- [42] E. Rousseau, "Nouveau cas de reproduction de l'ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* au Maroc," *Alauda*, 62 : 313-314, 1994.
- [43] A. Bouchecker, R. Nedjah, F. Samraoui, R. Menai & B. Samraoui, "Aspects of the Breeding Ecology and Conservation of the Glossy Ibis in Algeria," *Waterbirds*, 32 (2) : 345-351, 2009.
- [44] G. Belhadj, B. Chalabi, Y. Chabi, Y. Kayser, M. Gauthier-Clerc, "Le retour de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie," *Aves*, 44/1 : 29-36, 2007.
- [45] A. Nefla, R. Ouni & S. Noura, "The Breeding Status of the Glossy Ibis *Plegadis falcinellus* in the Lebna Dam in Cap Bon, Tunisia," *Journal of Life Sciences*, 6 : 776-782, 2012.
- [46] L. Marion & P. Marion, "Première reproduction prouvée de l'ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* au lac de grand-lieu (loire-atlantique)," *Alauda*, 79 (3) : 215-219, 2011.
- [47] M. A. El Agbani, A. Bayed, M. Dakki & A. Qninba, Découverte d'une colonie reproductrice de Spatule blanche *Platalea leucorodia* dans le Nord-Ouest du Maroc. In Veen, J. & Stepanova, O. Wetland management for Spoonbills and associated waterbirds. Report of the 68th EUROSITE Workshop, 19-22 April 2002, Texel, The Netherlands, pp : 38-40, 2002.

Extraction, dosage quantitatif et qualitatif des pectines de la paroi des gousses de *Retama monosperma* (L.). Boiss poussant dans des conditions naturelles dans le littoral ouest

[Extraction, quantitative and qualitative dosage of cell wall of the pods of *Retama monosperma* (L.). Boiss growing in natural conditions in the Algerian western coast]

Nadia Bouredja¹⁻² and Zoheir Mehdadi¹

¹Laboratory of vegetable biodiversity: preservation and valuation, Faculty of Science, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbès, Algeria

²University of the sciences and the technology of Oran, Mohamed-Boudiaf Faculty SNV, Oran, Algeria

Copyright © 2015 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 Algeria, three species belonging to the kind *Retama* are indicated. *Retama monosperma* is the most spread in the countries of the Mediterranean Basin where she occupies of vast spread in the Algerian coast. *Retama monosperma* is available in compatible quantities with applications of industrial scale, allowing a good exploitation. Our study is a contribution to the study of the biochemical valuation of *Retama monosperma*. The extraction of pectins, gave better efficiencies (5,74 %). All the obtained results open numerous perspectives of research regarding biochemical valuation of this vegetable resource.

KEYWORDS: *Retama monosperma*, pods, pectins, Valuation, CCM.

RÉSUMÉ: En Algérie, trois espèces appartenant au genre *Retama* sont signalées. *Retama monosperma*, objet de notre étude, se présente sur les dunes littorales. *Retama monosperma* est disponible dans des quantités compatibles avec les demandes d'applications à l'échelle industrielle, permettant une bonne exploitation ; nous sommes portés à une étude biochimique de la paroi de *Retama monosperma*. L'extraction des pectines a donné de bons résultats (5,74). Tous les résultats obtenus ouvrent de nombreuses perspectives de recherche quant à la valorisation biochimique de cette ressource végétale.

MOTS-CLEFS: *Retama monosperma*, gousses, pectines, Valorisation, CCM.

1 INTRODUCTION

Les Légumineuses représentent une famille importante et variée chez les angiospermes. En effet, il s'agit de la troisième plus grande famille chez les plantes supérieures avec plus de 720 genres et 20000 espèces allant de la luzerne, espèce herbacée, aux arbres composant les forêts tropicales d'Amérique latine et d'Afrique tropicale [1].

Le genre *Retama* appartenant à la famille des Légumineuses, il est endémique du bassin méditerranéen, distribué dans les différents étages bioclimatiques, de l'humide à l'aride. Il caractérise les écosystèmes dunaires, les maquis et le désert [2]. En Algérie, trois espèces appartenant au genre *Retama* sont signalées : *Retama monosperma* Boiss, *Retama retam* Webb et *Retama sphaerocarpa* L. ([3] ; [4]).

Retama monosperma, objet de notre étude, se développe particulièrement sur les dunes littorales d'Algérie. Elle a la propriété d'établir des associations symbiotiques mycorhiziennes favorisant la biofertilisation des sols salins et pauvres dans lesquels elles prospèrent ([5] ; ([6]). Elle renferme également des sous produits pouvant être exploitées en médecine, comme les alcaloïdes [7], les flavonoïdes [8].

Vue l'importance de cette espèce végétale nous sommes portés une étude quantitative des pectines de la paroi des gousses de *Retama monosperma* ainsi qu'une analyse qualitative.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

CARACTÉRISATION DES POLYSACCHARIDES PARIÉTAUX ET BIOMÉTRIE DES FIBRES

MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les échantillons qui ont fait l'objet de cette étude sont des gousses de *Retama Monosperma* prélevées sur des pieds poussant dans les conditions naturelles de Ain El Türk, wilaya d'Oran. Algérie

MÉTHODES D'ÉTUDES

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU

Les gousses prélevées sont d'abord pesées pour déterminer le poids de la matière fraîche (**PMF**), découpées puis étalées sur une plaque métallique et séchées dans une étuve à une température de 50 °C pendant 72h puis pesées de nouveau pour déterminer le poids de la matière sèche (**PMS**). Plusieurs pesées effectuées chaque 24h pour vérifier la stabilité du PMS après 72 h de séchage.

PRÉPARATION DE LA POUDRE VÉGÉTALE

La matière sèche est réduite en poudre par broyage en utilisant un broyeur à couteaux de type RETCH, muni d'un filtre à mailles.

PRÉPARATION DE RÉSIDU PARIÉTAL

La paroi végétale est obtenue par l'utilisation des solvants organiques qui permettent l'élimination des lipides et des tanins. Le protocole utilisé est celui de [9].

50 g de poudre végétale sont introduits dans un Erlen contenant un mélange méthanol-chloroforme (1V-1V) et mis sous agitation continue pendant une nuit sous hotte. Cette opération est répétée deux fois, après filtration sur toile à bluter, le résidu est mis dans le méthanol sous agitation pendant deux heures pour éliminer les traces de chloroforme. Le résidu ainsi obtenu est ensuite rincé avec l'eau distillée, puis à l'acétone et mis à l'étuve à 60 °C

DELIGNIFICATION DU RESIDU PARIÉTAL

Théoriquement la procédure de la délignification devrait éliminer totalement les lignines sans modification des polysaccharides. Cependant, aucune méthode n'est totalement satisfaisante.

Pour la délignification de la paroi, des gousses de *Retama monosperma*, nous avons choisi la méthode de [10] qui utilise la soude diluée dans l'éthanol. 5g de résidu pariétal sont placés dans 100 ml de NaOH à 1% dans l'éthanol 70% sous agitation pendant 2h à 80 °C. Le résidu est rincé 4 à 5 fois par l'eau distillée puis séché à l'étuve à 60°C pendant 24h.

Il est très important de signaler que les pectines sont extraites à partir d'un résidu pariétal brut (résidu pariétal lignifié). Par contre, les polysaccharides restants sont extraites à partir d'un résidu pariétal délignifié.

EXTRACTION DES PECTINES

Les pectines hautement méthylées (P1) sont solubilisées par l'eau bouillante [11] ; les pectines faiblement méthylées (P2) sont extraites par l'EDTA (éthylène diamine tétra-acétique) qui est un chélateur ionique ([12] ; [11]).

EXTRACTION DES PECTINES HAUTEMENT METHYLEES (P1)

3 g de résidu pariétal sont mis dans un erlen contenant 100 ml d'eau distillée sous agitation pendant une nuit à la température ambiante, puis mis à ébullition sous reflux deux fois deux heures. Après filtration sur toile à bluter, le filtrat est concentré au rotavapor puis précipité dans l'acétone à froid (1V-2V) pendant une nuit. Après centrifugation, le culot est lavé à l'eau distillée, à l'alcool puis séché à l'acétone à 50°C ; il constitue les P1.

EXTRACTION DES PECTINES FAIBLEMENT METHYLEES (P2)

Le résidu obtenu est traité avec 100 ml d'EDTA à 1% dans l'eau distillée ajustée avec une solution de NaOH à un pH de 5.5. Le mélange est mis sous agitation pendant six heures à une température de 80 °C. Après filtration, la solution obtenue est dialysée contre l'eau courante pendant une nuit puis contre l'eau distillée 4 fois 1heure afin d'éliminer les traces de l'EDTA. Le dialysât est concentré au rotavapor et les P2 sont récupérées par précipitation du volume de dialysât dans l'acétone à froid (1V-2V) pendant une nuit. Après centrifugation, le culot obtenu est lavé à l'eau distillée, à l'alcool puis séché à l'étuve à 50 °C. Cette fraction représente les P2.

ANALYSE QUALITATIVE PAR CCM

L'analyse qualitative par CCM (chromatographie sur couche mince) est utilisée pour déterminer la composition osidique des pectines [13]. Ces derniers ont subi l'hydrolyse acide partielle.

HYDROLYSE ACIDE PARTIELLE

L'hydrolyse acide partielle permet l'hydrolyse des polysaccharides de la matrice, des pectines et des hémicelluloses. La méthode utilisée est celle de [14].

Dans des tubes à vis contenant 100 mg de fraction pectique, nous avons ajouté 2 ml d' H₂SO₄ 1N. Ces tubes sont bien fermés et placés au bain-marie pendant 4 heures à une température de 100 °C.

Après filtration sur verre fritté, le filtrat est neutralisé par le carbonate de strontium puis gardé à une température de 0°C au congélateur jusqu'à l'analyse.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

LA TENEUR EN EAU DES GOUSSES

La teneur en eau contenue dans les gousses de *Retama Monosperma* est donnée dans le tableau 1.

Table 1. Teneur en eau contenue dans les gousses de *Retama monosperma*, exprimée en gramme et en pourcentage.

PF (gr)	PS (gr)	TE (%)
95,60	92,00	3,76

PF : poids frais **PS** : poids sec **TE** : teneur en eau

$$\text{TE\%} = \frac{(\text{PMF} - \text{PMS})}{\text{PMF}} \times 100$$

TE : teneur en eau

PMF : poids frais de l'échantillon

PMS : poids sec de l'échantillon

RENDEMENT EN PAROI BRUTE DES GOUSSES

La teneur en paroi brute des gousses de *Retama monosperma* extraite par le protocole de [9] est indiquée dans le tableau 2.

Table 2. Rendement de la paroi brute des gousses (en gr / 50 gr de matière sèche et en pourcentage)

Quantité exprimé en g/50 g de PV	Pourcentage (%)
28,49 ± 0,38	56,98 ± 3,8

RENDEMENT EN PECTINES

Les quantités des pectines hautement méthylées (P1), des pectines faiblement méthylées (P2) et des pectines totaux (PT) des gousses de *Retama monosperma* extraites selon le protocole de [11] sont représentées dans le tableau 3.

Table 3. Rendements des pectines hautement méthylées (P1), des pectines faiblement méthylées (P2) et des pectines totaux (PT) (exprimés en g/3g de résidu pariétal et en pourcentage).

	Quantité exprimée en g /3g	Pourcentage (%)
P1	0,0996 ± 0,0008	3,32 ± 0,08
P2	0,0726 ± 0,0001	2,42 ± 0,01
PT	0,1722	5,74

L'analyse qualitative par C.C.M des fractions pectiques (pectines hautement méthylées et pectines faiblement méthylées) des gousses de *Retama monosperma* est présenté par la figure 1.

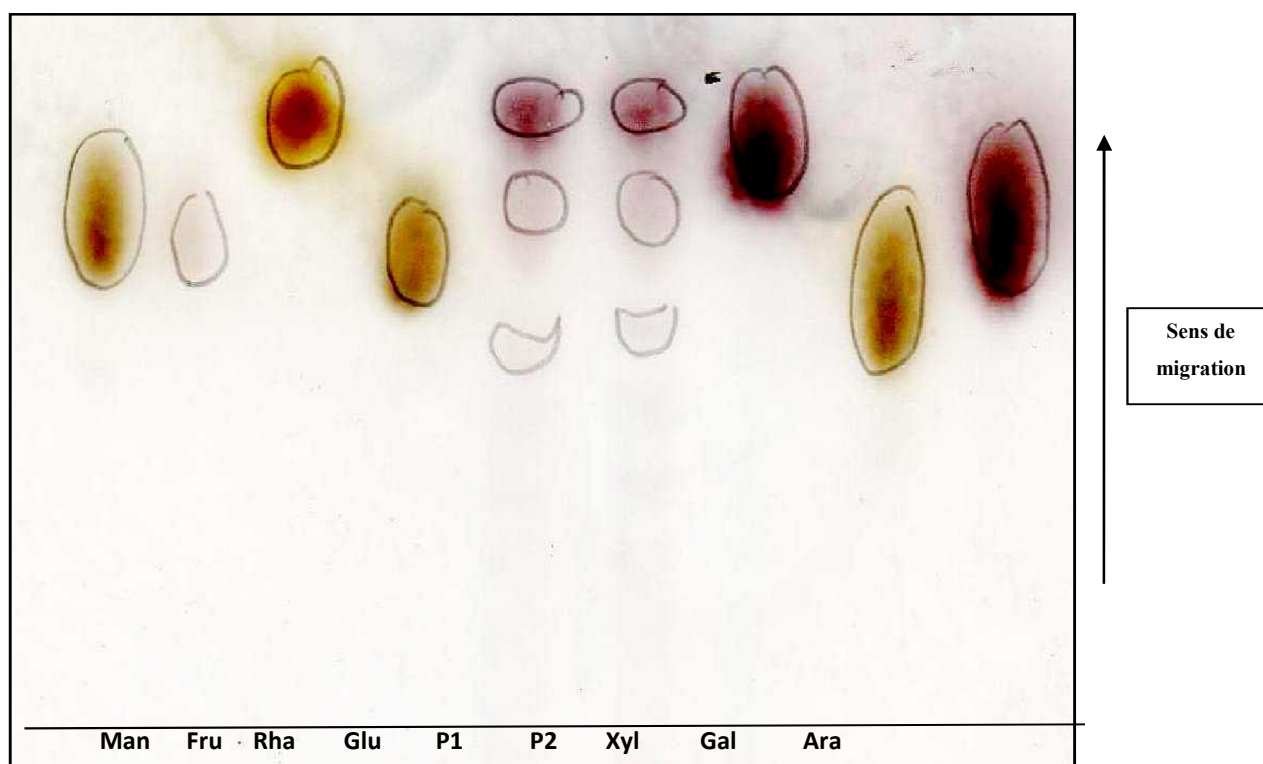


Fig.1 : Composition osidique des P1 et des P2 des gousses de *Retama monosperma*

Xyl : xylose ; Gal : galactose ; Ara : arabinose ; Glu : glucose ; Rha : rhamnose ; Man : mannose ; Fru : fructose ; P1 : pectines hautement méthylées ; P2 : pectines faiblement méthylées

DISCUSSION

La teneur en eau est faible dans les gousses de *Retama monosperma* (3,76 %). Ceci facilite leur conservation naturelle et spécialement pour les graines destinées à la germination, pendant une longue durée. Ces observations sont notées également certains travaux comme ceux du [15] dans les amandes de *Celtis australis*, *Elaeagnus angustifolia*, et *Zizyphus lotus*. La variation des teneurs en eau peut être attribuée aux facteurs internes : l'époque de la maturation et facteurs externes comme l'ensoleillement et la température.

La teneur moyenne en paroi brute évaluée par la technique de [9] est de 56,98 %. Cette teneur en paroi varie d'une espèce à une autre. En effet, et à titre d'exemple, des valeurs inférieures à celle notée chez notre espèce, caractérise les raquettes de *Opuntia ficus indica* L. (47 %) [16], les gousses d'*Acacia arabica* (42,6 %) d'Adrar et de Tamanrasset (40,74 %) [17].

Par ailleurs, des teneurs élevées ont été relevées chez certaines d'autres espèces appartenant à la famille des Poacées comme *Lygeum spartum* (82.2%) [18].

En ce qui concerne la fraction pectique, nous remarquons que la quantité de pectines totales est 5,74%. Ce taux est supérieur à celui déterminé chez certaines espèces comme dans les tiges d'*Helianthus annuus* L. avec un taux de 2.77 % [19] et moins importante par rapport à d'autres espèces comme les baies de *Vitis vinifera* L. (variété blanche) qui présente un taux de 11,18 % [20] et dans l'amande de l'*Elaeagnus angustifolia* qui présente un taux de 0,94 % [15].

L'analyse qualitative par C.C.M des fractions pectiques (pectines hautement méthylées et pectines faiblement méthylées) des gousses de *Retama monosperma* extraites à partir du résidu pariétal brut montre qu'elles ont la même composition osidique. Elles sont constituées par le rhamnose, l'arabinose et le galactose (fig.1).

Le spot prononcé du rhamnose suivi par l'arabinose et le galactose suggère que ces pectines sont de type rhamnogalactoarabinane

Une consommation de 12 à 24 grammes de pectines par jour permettrait de faire diminuer le taux de cholestérol-LDL de 13%, car leur fermentation permet d'insolubiliser les sels biliaires, ce qui diminue à la fois leur toxicité et leur possibilité de réabsorption [21].

Dans le domaine de l'industrie pharmaceutique, les pectines contribuent aux activités anti-métastatique, immunostimulante, antiulcère, antinéphrétique, antityphoïde, antidiarrhée, anticholestérol et pour la délivrance contrôlée de médicaments ([22]; [23];[24]).

4 CONCLUSION

Les résultats obtenus ont permis également de mettre en évidence les énormes potentialités que recèle cette essence. En effet, *Retama monosperma*, qui par la quantité de ses pectines trouvera des champs d'applications dans le domaine de la biotechnologie et faire l'objet d'aliments fonctionnels, c'est à dire prometteurs de santé.

Bien que la chromatographie sur couche mince nous a fourni un aperçu rapide de la composition en oses, il serait intéressant d'approfondir ces résultats à l'aide d'une autre méthode plus performante qui nécessite un matériel plus onéreux, il s'agit de la chromatographie en phase gazeuse et de la chromatographie liquide haute performance (HPLC).

En épilogue, il ressort que *Retama monosperma* est une ressource végétale d'un grand intérêt qui peut jouer un rôle important dans l'écodéveloppement de notre pays. Son état actuel nous interpelle à prendre des mesures de mise en défens rigoureuses, à la mise en place de programme de valorisation en encourageant l'investissement dans le domaine de la production de molécules d'intérêt industriel, ce qui permettra de générer de nouvelles entreprises dans ce secteur d'activités.

REFERENCES

- [1] Cronk Q., Ojeda I., Pennington R.T.(2006).Legume comparative genomics: progress in phylogenetics and phylogenomics. *Curr. Opin. Plant. Biol.*, 9: 99-103.
- [2] Allen, O. N., Allen E.K.(1981).The Leguminosae, a source book of characteristics, uses and nodulation. The University of Wisconsin Press. Madison.
- [3] Quézel P., Santa S.(1962). Nouvelles flores de l'Algérie et des régions méridionales. Vol.1-2. CNRS., Paris, 1170p.
- [4] Boulila F., Depret G., Boulila A., Belhadi D., Benallaoua S., Laguerre G.(2009). *Retama* species growing in different ecological-climatic areas of north eastern Algeria have a narrow range of rhizobia that form a novel phylogenetic clade within the Bradyrhizobium genus. *Systematic and Applied Microbiology*, 32 (4): 245-255.
- [5] Hatimi A. (1995).Symbiotes racinaires de trois légumineuses arborescentes de dunes littorales de Souss-Massa. INRA (éd.), Paris, Les Colloques, 77: 183-190.
- [6] Mosbah M., Nzoué A., de Lajudie P., Mars M.(2008).Characterization of root-nodulating bacteria on *Retama raetam* in arid tunisian soils. *Progress in Natural Science*, 18 (1) : 43-49.
- [7] El-Shazly A., Ateyaa A.M., Witte L., Wink M.(1996) .Quinolizidine Alkaloid Profiles of *Retama raetam*, *R. sphaerocarpa* and *R. monosperma*. *Z. Naturforsch.*, 51: 301– 308.
- [8] Akkal S., Louaar S., Benahmed M., Laouer L., Duddeck H.(2010).A new isoflavone glycoside from the aerial parts of *Retama sphaerocarpa*. *Chemistry of Natural Compounds*, 46 (5):719-721.
- [9] Harche M., Tollier M.T., Monties B., Catesson A.M.(1991).Caractérisation comparée des constituants (polyosides, lignine et acides phénoliques) des parois cellulaires de trois Graminées subdésertiques pérennes : *Stipa tenacissima* L., *Lygeum spartum* L et *Aristida pungens* L. *Cellulose chem. Technol.*, 25 : 11-17.
- [10] Gabrielli I ., Gatenhom P., Glasser W G., Jain R.K., Kenne L.(2000). In: Kellal H . (2011).Caractérisation anatomique,Histologique et stucturale des fibres du roseau *Arundo donax* L.Mémoire de Magister en Biotechnologie, Université des sciences et de la technologie, Mohamed Boudiaf. Oran ,134 p.
- [11] Thibault J. F.(1980). Les substances pectiques-In : Monties B.(1980). Les polymères végétaux. Ed. Gauthier Villars, Paris, 232-251.
- [12] Lamport D.T.A.(1970). Cell wall metabolism. *Ann. Rev .Plant Physiol.*, 21:235-270.
- [13] Randeratch R.(1971). Chromatographiesur couche mince Gauthier Villars, Paris, 398 p.
- [14] Reis D.(1975) . Etudes préliminaire des polysaccharides des parois cellulaire. dans l' hypocotyle en croissance du *phaseolus aureus* .c .racad.sci., Paris, 218 :123-126.
- [15] Saadaoui M.(2008). Etude de la fraction glucidique des fruits de : *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Zizyphus lotus* L. Mémoire de magister. Université EL-Hadj Lakhdar , Batna .80 p.
- [16] Chaa L.(2002) ;Contribution à l'étude biochimique de deux variétés d'*Opuntia ficus indica* L: variété comestible et variété non comestible. Mémoire d'Ingéniorat. Université des sciences et de la technologie, Mohamed Boudiaf. Oran, 50p.
- [17] Tissouras F.(2004).Caractérisation biométrique des gousses et des graines ; extraction et identification des polysaccharides pariétaux et des huiles de deux légumineuses ligneuses « *Acacia arabica* et *Acacia raddiana* » des zones arides Algériennes .Thèse de Magister. Université des sciences et de la technologie, Mohamed Boudiaf. Oran, 82 p.
- [18] Zerhouni S.(1996).Analyse qualitative et quantitative des fractions pariétales : cellulose, hémicelluloses et pectines des tissus foliaires de *lygeum spartum* L. des plantes Algériens. Thèse de magister, ISN, Oran, 93p.
- [19] Tissouras F.(2001). Contribution à l'étude du tournesol (*Helianthus annus* L.). germination, croissance, histologie et biochimie au cours de développement .Mémoire d'Ingéniorat en Biotechnologie. Université des Sciences et de la Technologie ; Mohamed Boudiaf. Oran.45p.
- [20] Benaiche J.(2002). Étude biochimique de la baie de deux variétés de *Vitis vinifera* L. Mémoire d'ingéniorat. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Oran. 50p.
- [21] Brown L., Rosner B., Willett W.W., Sacks F.M.(1999).Cholesterol-lowering effects of dietary fiber : a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 30-42.
- [22] Yamada H.(1996). Contribution of pectins on health care, in "Pectins and Pectinases". J. Visser and A. G. J. Voragen, (éd.) Elsevier Science B.V., 173.
- [23] Thakur B.R., Singh R.K., Handa A.K.(1997). Chemistry and uses of pectin: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **37**(1) : 47-73.
- [24] Rolin, C., Nielsen, B.N., Glahn, P.E.(1998). Pectin, in "Polysaccharides Structural diversity and functional versatility". S. Dimitriu, (éd.) Marcel Dekker, Inc, Sherbrooke (Canada) /New York, 377 p.

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES EAUX USEES REJETEES PAR LA SOCIETE SURAC DAR GUEDDARI (MAROC)

F. JEDDI^{1,2}, H. BOUSSALWA¹, A. EL HARFI², S. Sadek³, and D. BASSIR³

¹Laboratoires de Biodiversité et des Ressources Naturelles (LBRN), Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra 14000, B.P. 133, Maroc

²Laboratoire de Polymères, Rayonnements et Environnement (LPRE), Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra 14000, B.P.133, Maroc

³Laboratoire d'Environnement et Energies Renouvelables, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, BP. 133, Kenitra 14000, Maroc

Copyright © 2015 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 processing of sugar cane in Morocco is by specific industrial units. The SURAC Company (Dar Gueddari) produces significant quantities of sugar and molasses in a period of production that extends the month from January to June. Wastewater produced by this activity is characterized by very high loads of organic matter whose flow is 1200 m³ / d. The stock SURAC its wastewater Lagoons with limited capacity for pretreatment in wastewater. The aim of our study was to assess the pollution of waste water from the SURAC at the lagoon which is adopted by the SURAC as a means of treating these liquid discharges. The physicochemical analysis of effluent from the SURAC gave the following average values: PH (Moy=4,15), Temperature (Moy= 25°C), Conductivity(Moy= 3810µS / cm), Materials in suspension(Moy= 320mg / l). Biological analysis of collected waste shows that the chemical oxygen demand (COD) is of the order of 9000 mg O₂ / l and 6100 mg O₂ / l for biological oxygen demand during 5 days (BOD₅). The results that were obtained, we show that all pollution parameters exceed greatly limits direct discharges. This requires strengthening the pretreatment system (lagoon) of water discharged into settling ponds at the industrial unit of sweets (SURAC).

KEYWORDS: physic- chemical analysis, biological pretreatment lagoon, rejection SURAC, Dar Gueddari, Morocco.

RÉSUMÉ: Le traitement des cannes à sucre au Maroc se fait par des unités industrielles spécifiques. La Société SURAC (Dar Gueddari) produit des quantités importantes du sucre et de mélasse, dans une période de la production qui s'étend du mois Janvier à Juin.

Les eaux usées produites par cette activité sont caractérisées par de très fortes charges en matières organiques dont le débit est de **1200** m³/j. La SURAC stock ses eaux usées dans des bassins de lagunage qui ont des capacités limitées pour le prétraitement dans eaux résiduelles.

L'objectif de notre étude est d'évaluer la pollution des eaux usées rejetées par la SURAC au niveau du bassin de lagunage qui est adopté par la SURAC comme moyen de traitement de ces rejets liquides.

L'analyse physicochimique des effluents de la SURAC a donné les valeurs moyennes suivantes: PH (Moy = 4,15), Température (Moy=25°C), Conductivité (Moy=3810µS/cm), Matières en suspension (Moy=360mg/l).

L'analyse biologique des effluents prélevés montre que, la Demande Chimique en Oxygène (DCO) est de l'ordre de 9000 mgO₂/l et 6100 mgO₂/l pour la Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅).

Les résultats qui ont été obtenus, nous montrent que tous les paramètres de la pollution dépassent énormément les valeurs limites des rejets directs. Ce qui nécessite de renforcer le système de prétraitement (lagunage) des eaux déversées dans les bassins de décantation au niveau de l'unité industrielle de sucreries(SURAC).

MOTS-CLEFS: Analyse physico-chimique, biologique, prétraitement, lagunage, rejet de SURAC, Dar Gueddari, Maroc.

1 INTRODUCTION

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille. Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique. leurs caractéristiques sont extrêmement variables et sont directement liées au type d'industrie agroalimentaire, chimique, minière ou autre. Après des premiers traitements spécifiques, les eaux usées industrielles sont assimilables à des eaux usées domestiques, ce qui permet leur rejet dans un réseau de collecte public. (4,5)

Les principaux polluants transitant dans les eaux usées d'origine industrielle sont :

- Les métaux toxiques,
- Les toxines organiques,
- Les matières colorées,
- Les huiles et graisses,
- Les sels
- La pollution organique

L'objectif de notre étude est d'évaluer la pollution des eaux usées rejetées par l'unité industrielle SURAC et d'effectuer un prélèvement au niveau du bassin de décantation dans le système de lagunage qui est adopté par la SURAC comme moyen de traitement de ces rejets liquides.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Nous avons choisi d'effectuer les trois points de prélèvement au niveau du bassin de décantation qui est adopté par l'unité industrielle - Dar Gueddari dans la région Gharb –chrarda – Bni Hssen, province sidi Kasm – Maroc .

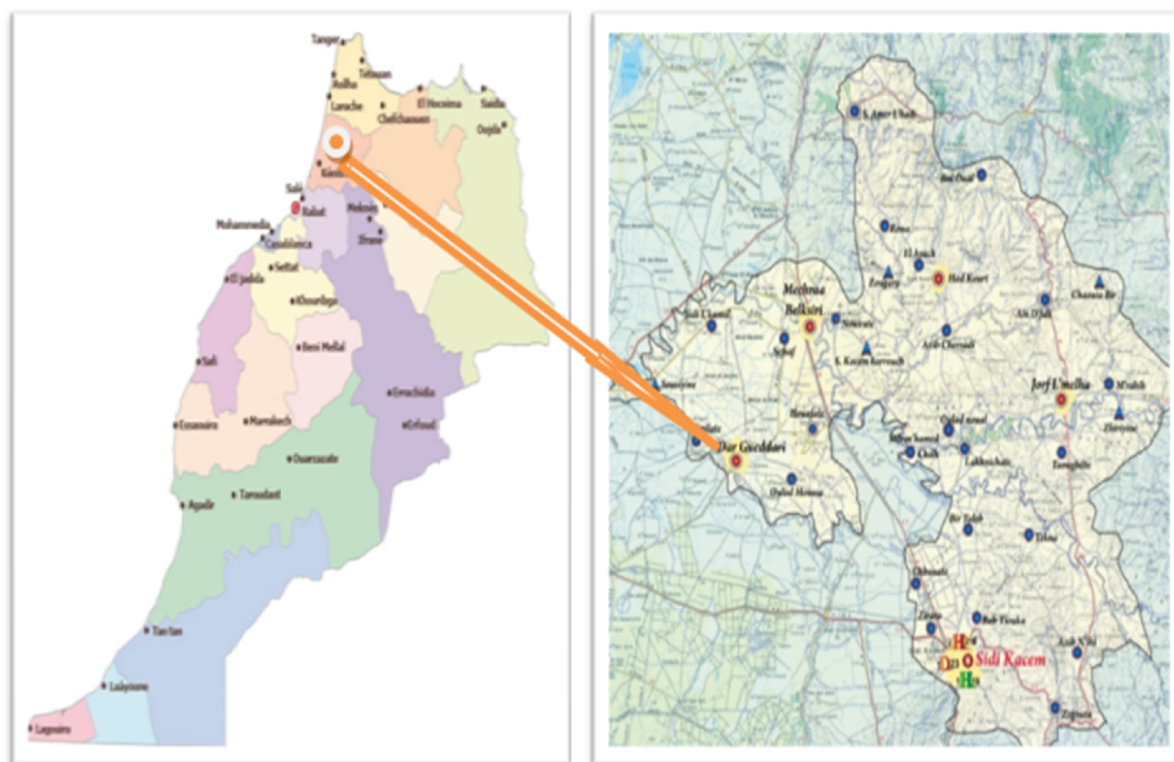


Figure 1 : situation géographique

2.2 MÉTHODE D'ANALYSE

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles de nature et de volumes appropriés en polyéthylènes (pour la DCO, la DBO5, les MS, les MV, l'ammonium, le phosphore total, l'azote total), ou en verre brun (pour le Hg, l'oxydabilité) afin d'assurer la conservation de l'échantillon pour l'analyse. Les bouteilles sont d'abord rincées par l'eau de la rivière, puis remplies en les émergeant dans l'eau sans les remplir à fond pour pouvoir homogénéiser lors de la fixation de l'échantillon et au moment de l'analyse.(6,7,)

L'oxygène dissous, le PH et la conductivité sont mesurés sur place par un oxymétrie de type(WTW), un potentiomètre utilisant une électrode de verre, et un conductimètre portable de type (WTW), étalonné à l'avance.(8 ,9)

Tableau : Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Méthodes
Température	Thermomètre à mercure ou alcool
pH Mesure	électro métrique
Turbidité	Néphélométrie
Conductivité	Conductivité électrique
Oxygène dissous	I odométrie

3 RÉSULTAT ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTAT

L'analyse physicochimique et biologique des effluents de la SURAC a donné les valeurs moyennes du point prélèvements, dans une période de la production qui s'étend du mois Janvier à Juin 2013 suivante :

- La valeur moyenne de pH est 4,3 est inférieure à 6,5 et 8,5, considérée comme valeur limite de rejet direct. (Figure 2)

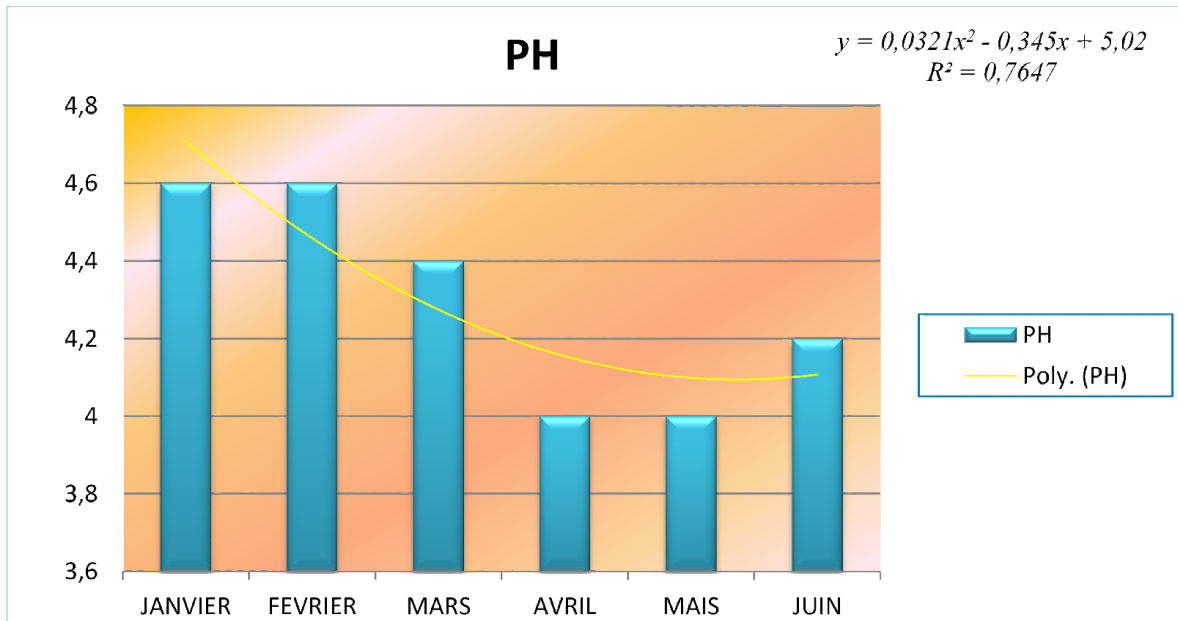


Figure 2 : Variation moyenne de Potentielle Hydrique des eaux usées rejetées par la société SURAC dar Gueddari

- La valeur moyenne de Température est 25°C est inférieure à 35, considérée comme valeur limite de rejet direct. (Figure 3)

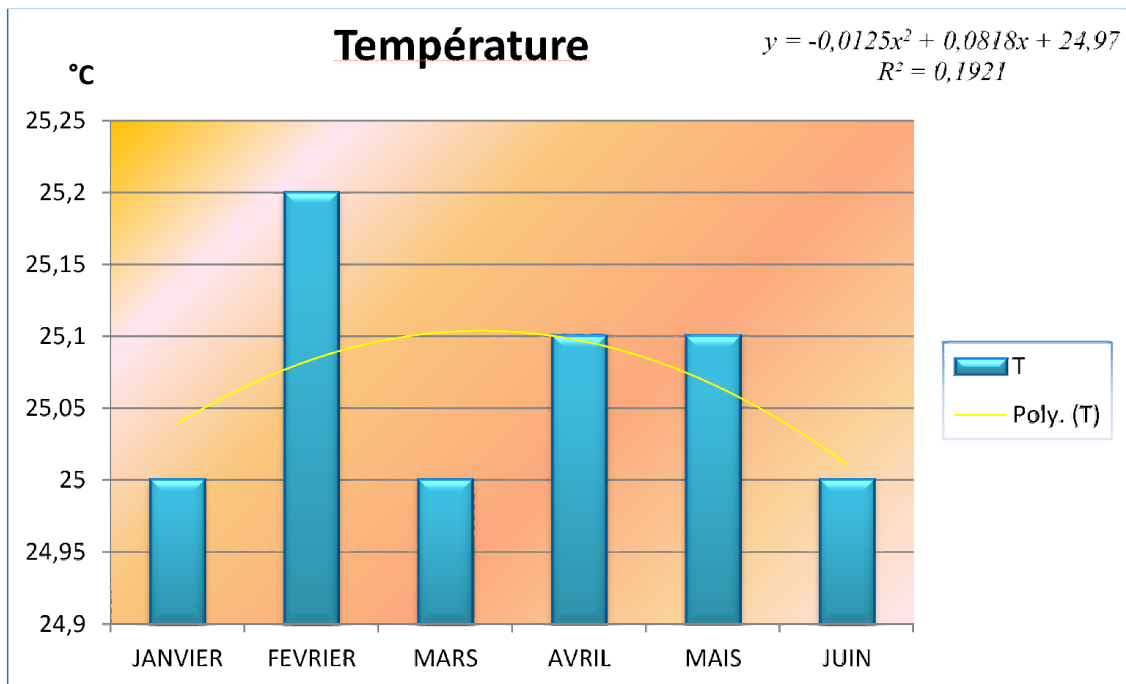


Figure 3 : Variation moyenne de Température des eaux usées rejetées par la société SURAC dar Gueddari

- La valeur moyenne de Matières En Suspension(MES) est 320mg /l est supérieur à 300 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct pour les unités sucrières existantes. (Figure 4)

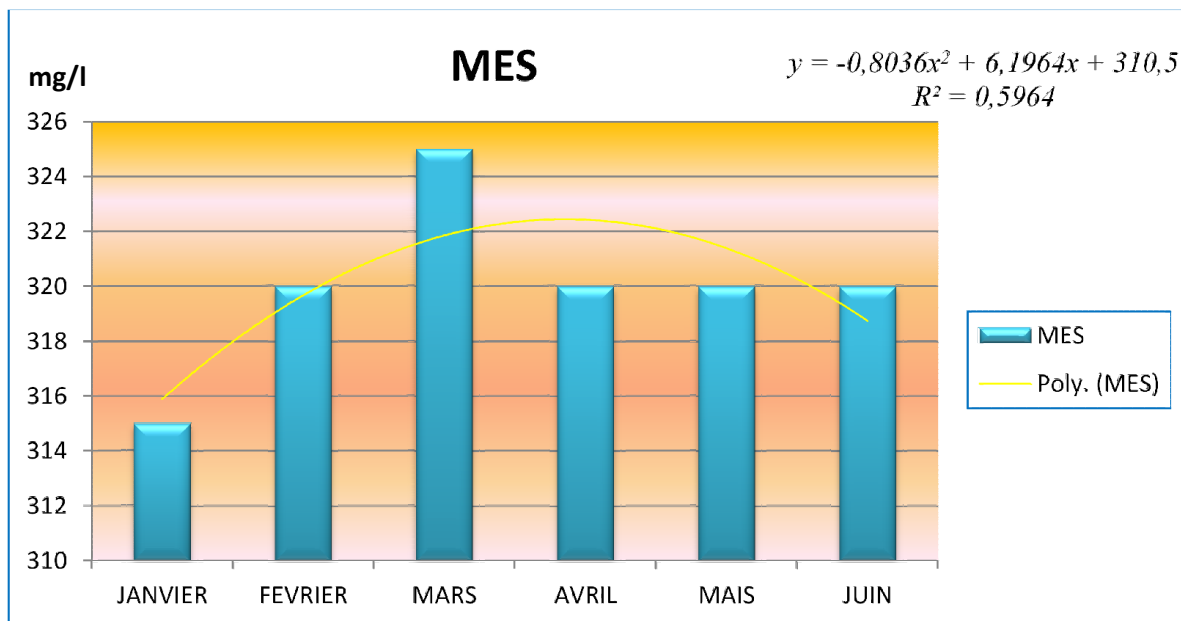


Figure 4 : Variation moyenne de Matières En Suspension des eaux usées rejetées par la société SURAC Dar Gueddari

- La valeur moyenne de conductivité est 3810 μ S/cm ce qui explique leur grande charge polluante, ce valeur est énormément supérieures à celles admises par la grille des normes de rejets directs. (Figure 5)

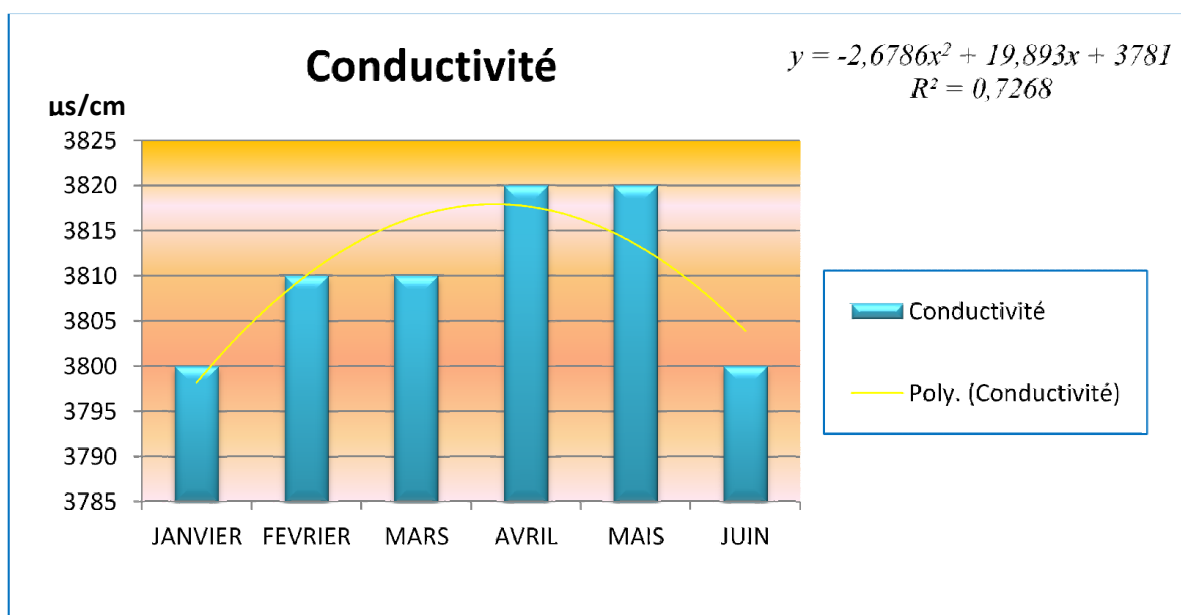


Figure 5 : Variation moyenne de Conductivité des eaux usées rejetées par la société SURAC Dar Gueddari

- Les valeurs moyennes sont 9000 mgO₂/l pour la DCO et de 6100 mgO₂/l pour la DBO₅ ce qui explique leur grande charge polluante, ces valeurs sont énormément supérieures à celles admises par la grille des normes de rejets directs. (Figure 6 et Figure 7)

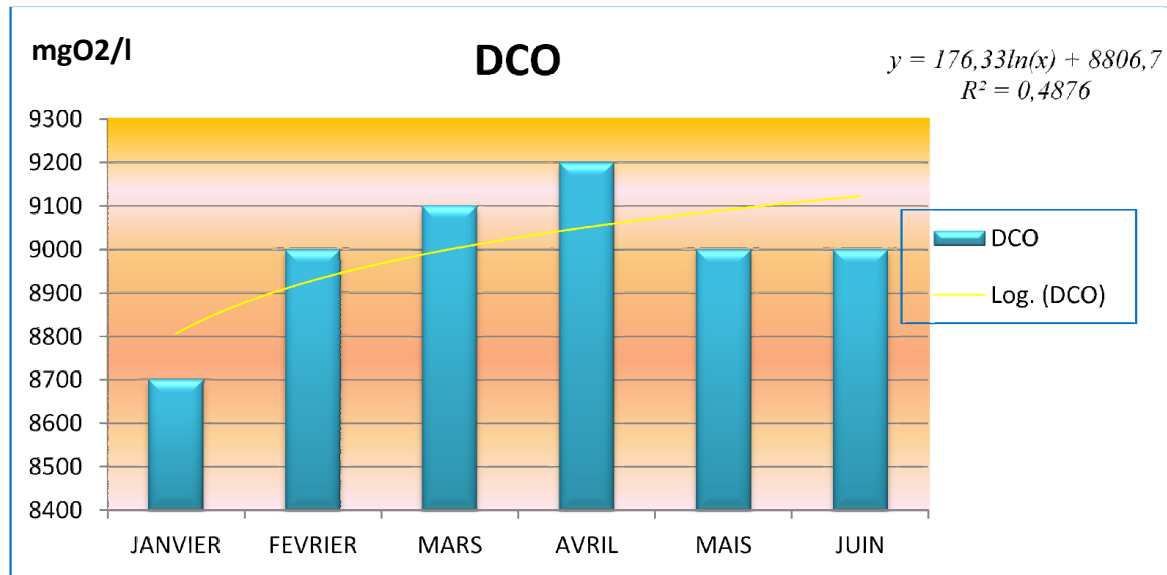


Figure 6 : Variation moyenne de DCO des eaux usées rejetées par la société SURAC Dar Gueddari

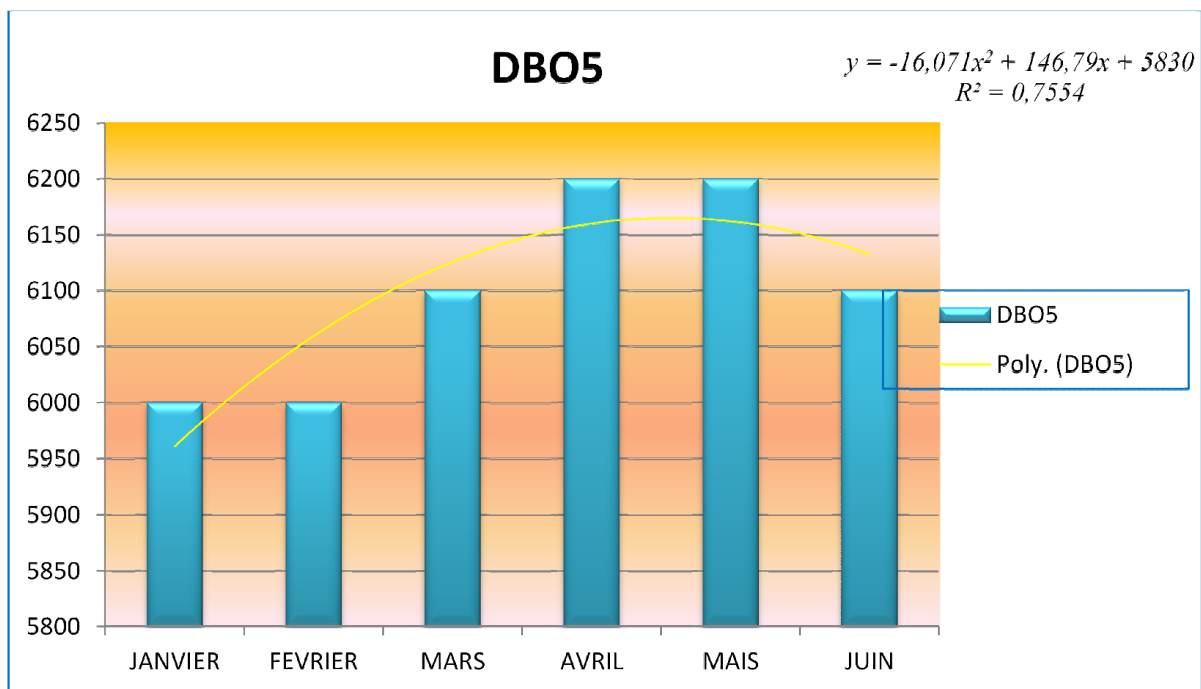


Figure 7 : Variation moyenne de DBO5 des eaux usées rejetées par la société SURAC Dar Gueddari

3.2 DISCUSSION

- Les rejets des eaux résiduaires des sucreries sont à l'origine d'une augmentation de la conductivité et surtout de la matière organique (MES, DCO, DBO5) des eaux du cours d'eau.
- Les rejets liquides de la SURAC Dar Gueddari, comme toutes les sucreries, sont chargés en matières organiques qui, déversés dans le cours d'eau de l'oued Beht, en outre, cette pollution organique se manifeste pendant la période estivale où le débit d'oued est le plus faible, ce qui se traduit par une forte dégradation de la qualité des eaux d'oued Beht.(8)

- Le plus grand danger lié à la culture de la canne à sucre est celui de la salinisation des sols, d'autant plus que les drainages sont très souvent insuffisants. Les sols de la zone présentent des textures fines ou très fines, ce qui constitue des conditions idéales pour l'accumulation des sels.(9)

4 CONCLUSION

Ces valeurs témoignent de l'absence de système de prétraitement à l'intérieur de la SURAC des eaux rejetées dans les bassins de décantation, et nous notons que le système de lagunage est habituellement utilisé comme un post-traitement des eaux rejetées par les unités sucrières et son rendement diminue avec l'augmentation du débit des rejets et le non respect de dimensionnement des bassins (10 ,11,12)

RÉFÉRENCES

- [1] BEN EL MAHDI K., 1987 : « Essais de traitement des eaux résiduaires de sucrerie », Mémoire de 3eme cycle de l'IAV Hassan II, option Industries Agro-alimentaires, Rabat.
- [2] Anonyme ,1995 : « résidus des traitements phytosanitaires », dans sécurité alimentaire du consommateur, Ed : Technique et documentation (Lavoisier), pp : 210-227
- [3] Ministère chargé de l'aménagement du territoire, de l'environnement, de l'urbanisme et de l'habitat, direction de l'observation, des études et de la coordination, 1999 : « étude pour un programme d'action visant à minimiser et à contrôler l'impact de engrais et des pesticides sur l'environnement du bassin Sebou »
- [4] ABCHIR F ,1986 : « Essais de traitement des eaux résiduaires de sucrerie par bio méthanisation », mémoire de 3ème cycle IAV Hassan II, option : industrie alimentaire et agricole.
- [5] Ministère de l'Industrie du Commerce et de l'Artisanat, 1993 « Etude de l'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'oued Sebou», Etude diagnostique, volet A, version final, direction générale de l'industrie, Ministère de l'industrie du Commerce et de l'Artisanat, Scandiaconsult.
- [6] Ministère de l'Industrie du Commerce et de l'Artisanat, 1994 « situation des rejets industrielles », Rapport, ministère de l'industrie du Commerce et de l'Artisanat, Direction des études et de la planification.
- [7] Ministère de l'environnement, 1995 : « commission de la prévention et de la lutte contre la pollution et les nuisances »
- [8] Secrétariat d'Etat Chargé de l'environnement – Direction générale de l'hydraulique 1999. « Etude du système de redevance de pollution des eaux dans le bassin du Sebou, Mission 1 : Evaluation des charges polluantes »,« Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Environnement, de l'Urbanisme et de l'habitat Secrétariat d'Etat Chargé de l'environnement, Ministère de l'Equipement, NEDECO- CID»
- [9] Direction Générale de l'Industrie, 1993 : « Etude de l'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'oued Sebou –Sebou Rapport de synthèse», Direction Générale de l'Industrie, juillet
- [10] Office National de l'Eau Potable. 1998 : « actions en matière de contrôle 1993.
- [11] Office National de l'Eau Potable avril 1991 : « contrôle de la pollution des eaux »
- [12] Office National de l'Eau Potable avril 1994 : « contrôle de la pollution des eaux destinées à l'alimentation en eau potable : cas du bassin Sebou »

DEVELOPMENT OF A CRUCIBLE FURNACE FIRED WITH SPENT ENGINE OIL USING LOCALLY SOURCED MATERIALS

A. A. Olalere¹, O. A. Dahunsi¹, M. A. Akintunde¹, and M. O. Tanimola²

¹Mechanical Engineering Department, The Federal University of Technology,
P. M. B. 704, Akure, Ondo State, Nigeria

²Civil Engineering Department, The Federal University of Technology,
P. M. B. 704, Akure, Ondo State, Nigeria

Copyright © 2015 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 developed crucible furnace has the capacity to melts 30 kg of Al-Si alloy scraps in 20 minutes during which 7 litres of spent engine oil was used up at a flow rate of $5.833 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$. The overall thermal efficiency of the developed crucible furnace was 46.74% on its performance evaluation. Its operating cost is cheaper since, spent engine oil is relatively available and the incessant increment in the price of fossil fuel will no longer have effects on the production costs. The performance of the equipment is better than the traditional ways of non-ferrous metals recycling exercise and its adequate implants for conversion of waste engine oil and Al-Si alloy scraps to wealth.

KEYWORDS: crucible, furnace, Al-Si alloy, spent engine oil, thermal, efficiency, performance.

INTRODUCTION

Components made from non-ferrous materials tend to display a marked decrease in performance level after years of service and have to be discarded. Re-melting and re-casting of scraps of such components helps to enhance availability of the component, (Abubakre, 2001). Acquisition of standard equipment for this type of recycling is challenging, thus there is need to look inward and locally fabricate crucible furnace for melting non-ferrous scraps metals to meet these needs. The Nigerian automobile and electricity generator assembly industries stand to benefit most from this drive.

There are three common types of crucible furnaces. These are:

- (a) The stationary pot: this is the simplest form of crucible furnace. The molten metal is ladle out directly for casting;
- (b) The lift - out pot: this consist of a pot that can be lifted out of the furnace by means of a tongs for pouring; and
- (c) The tilting pot: here, the entire furnace is tilted to pour out the molten metal directly into the ladle or moulds, (Gupta, 2008).

The available local means of non-ferrous metals recycling process is slow and time consuming moreover, a large quantity of heat is always wasted during the operation as well. The major source of energy supplied to the system is usually from charcoal produced from hardwood, palm kernel shells and wood.

Crucible furnace can be fired by different kinds of fuels such as butane gas, diesel, charcoal, coke, biodiesel and briquette. The use of spent engine oil is adopted in this research work as a means of reusing the used lubricating oil that is ordinarily disposed off in manner that causes environmental pollution. The uses of spent engine oil as alternative to industrial fuel, reduces the operating cost of the equipment therefore, the aim of this research work is to develop a crucible furnace fired with spent engine oil using locally sourced materials.

A furnace is a device in which the chemical energy of a fuel or electrical energy is converted into heat. This is then used to raise the temperature of the burden or stock placed within it for melting or smelting, (Gupta, 2008). Furnaces operating at low temperatures are often called ovens depending on their purposes, these are furnaces used for melting and roasting of metals.

A furnace consists of: (The Carbon Trust, 1993):

- (a) refractory materials for lining the furnace to retain heat at high operating temperatures;
- (b) steel shell to contain the refractory materials;
- (c) burners that use solid, liquid or gaseous fuels to raise and maintain the temperature within the combustion chamber. Coal or electricity can also be used;
- (d) charging and discharging doors through which the chamber is loaded and unloaded;
- (e) chimney to remove waste exhaust gases from the combustion chamber; and
- (f) loading and unloading equipment such as roller tables, conveyors, tong, charging machines and furnace pushers.

In most third world nations, one of the cheapest ways to melt non-ferrous metal commercially in a crucible furnace is by using combustion fuel (i.e oxidation of fossil fuel). Furnace design may vary according to its function, heating duty performed, heating method applied or type of fuel used (UNEP, 2006). Musa, (2012) and Bello, (2004) compared diesel and butane gas as fuel in firing crucible furnace for melting aluminum scraps. It was discovered that butane gas brought the aluminium scraps to its pouring temperature within 45 minutes while diesel fuel spent 50 minutes and at lower cost.

Toshikazu and Ryoya, (2012) investigated the use of kerosene crucible furnace in their work. The furnace was able to attained 750°C. While this temperature was fairly sufficient for melting aluminium, it was inadequate for other non-ferrous metals.

Babalola *et al.*, (2012) worked on the design and fabrication of tilting furnace for producing aluminium matrix composites. The furnace had 20 kg capacity and their research was centred on a liquid state fabrication of metal matrix composite using stir casting method. This casting method is however expensive for small and medium operations.

Ighodalo *et al.*, (2011) did a study evaluating the performance of a charcoal-fired furnace for recycling aluminium scraps. The efficiency of the furnace was 11.5%. This value was low as a result of the large quantity of energy wasted due to the open nature of the furnace. The case of electrically powered stationary pot crucible furnace designed by Titiladunayo and Fapetu, (2011) for pyrolysis show cased the benefits of electrically power furnaces but its cost of operation was exorbitant.

A furnace fired with diesel was considered by Govardhan *et al.*, (2011) this work lacked physical validation but the computer based experimentation and computational fluid dynamics (CFD) analysis showed the temperature distribution during the oscillating combustion in a crucible furnace.

Alaneme and Olanrewaju, (2010) work on diesel fired stationary pot crucible furnace for both heat treatment and salt bath was motivated by this challenge. The documented works of fuels for combustion in crucible furnace has shown that the need to obtain a fuel that is readily available and cheap remains a major challenge plaguing the foundry business in Nigeria.

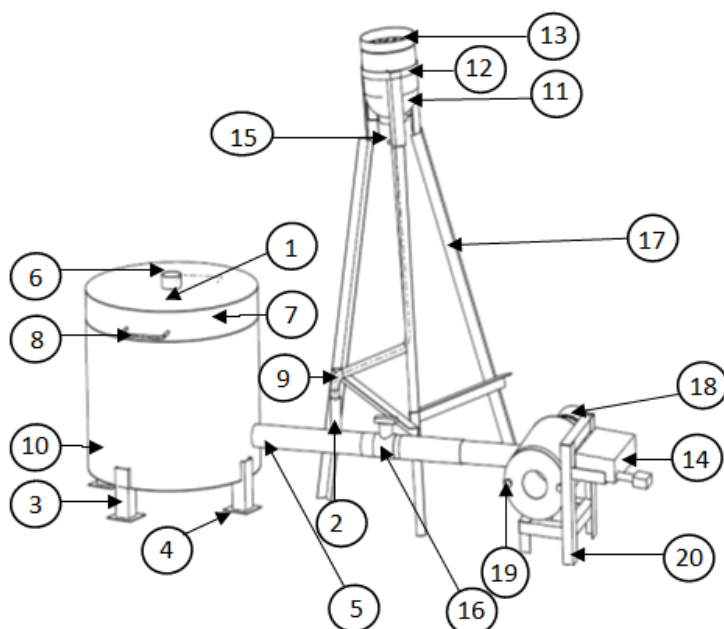
MATERIALS AND METHODS

Crucible furnace fired with spent engine oil using locally sourced materials was developed for foundry laboratory use and training of students at The Federal University of Technology, Akure, Nigeria. The major materials used for the development of the furnace were: 2 mm mild steel plate, refractory materials (Ipinsa kaolin, Termite hill materials and Bentonite) and 2 mm angle iron bar. The crucible furnace was fabricated in conformity with both the design calculations and drawings. The detail design can be found in Olalere, (2015). The cylindrical steel shell is of 801 mm diameter and 601 mm height, its stands on a 100 by 100 mm hollow pipe of 150 mm height. The cover was made of 803 mm diameter and 150 mm height, the chimney was rightly positions at the centre of the cover to be of 90 mm diameter and 120 mm height.

The burner was positioned tangentially to the side of the cylindrical steel shell and was made from a mild steel pipe of 60 mm diameter and 700 mm long with a fitted nozzle constructed from an hollow copper pipe of 10 mm diameter, the fuel tank was constructed using an R22 empty gas cylinder as fuel tank and position on a stand of 1450 mm height since, the fuel flow was by gravity as shown in Figure 1.

The lining of the developed crucible furnace was carried out using an aggregate of Ipinsa kaolin, Termite hill materials, Bentonite and Water, the lining materials was made up of refractory bricks materials embedded in the kaolin paste to form a thickness of 200 mm left behind a diameter of 401 mm as the combustion chamber of the developed crucible furnace to accommodate both the crucible pot, the loading and unloading equipment.

The burner is the heat-releasing device used to combust the fuel with an oxidizer to convert the chemical energy in the fuel to thermal energy. Various types of burners are available and may be classified based on method of mixing, fuel and oxidizer types and method of producing draft, (Baukal, 2004).



S/N	Description	Qty	Materials
20	Blower Stand	1	Angle Iron
19	Bolts Head	6	Steel
18	Electric Motor	1	
17	Fuel Tank Stand	3	Angle Iron
16	Air Regulator	1	Plastic
15	Fuel Regulator	1	Brass
14	Power Control Box	1	Mild Steel Plate
13	Fuel Sieve	1	
12	Fuel Tank Cylindrical Guide	1	Mild Steel Plate
11	Fuel Tank	-	Steel
10	Cylindrical Shell	1	Mild Steel Plate
9	Fuel Hose	-	Rubber
8	Cylinder Cover Handle	2	Mild Steel Rod
7	Cover Cylindrical Shell	1	Mild Steel Plate
6	Chimney	1	Mild Steel Pipe
5	Burner Assembly	1	Mild Steel Pipe
4	Cylindrical Shell Stand Base	4	Mild Steel Plate
3	Cylindrical Shell Stand	4	Rectangular Steel Pipe
2	Fuel Inlet	1	Mild Steel Pipe
1	Cylindrical shell cover	1	Mild Steel Plate

Figure 1: Crucible Furnace Assembly Drawing

EXPERIMENTATION

The developed crucible furnace was set up and charged with 30 kg of Al-Si alloy scraps, a K-types thermocouple was incorporated to measure the degree rise in temperature within the combustion chamber of the equipment. The fuel tank was filled with twelve (12) litre of spent engine oil, the furnace was ignited then the blower was put on, subsequently both the fuel in flow and the air regulator was regulated to have a complete combustion of the fuel. The duration for the melting operation was noted by using a stop watch. Immediately, the melting operation is completed the spent engine oil inside the fuel tank was measured and it was discovered that seven (7) litres of spent engine oil was combusts for the operation. The total operation time is twenty (20) minutes during which the developed crucible furnace was attained a temperature of 1500°C. The thermal efficiency of the equipment was estimated based on some of this experimental results and standard values.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Heat energy liberated during combustion in the combustion chamber was transferred to the stock in the furnace. Heat transfer may occur through conduction, convection or radiation. These may also occur simultaneously but one will often predominate. In industrial processes radiation is often the dominant mechanism and forced convection also plays an important role (Baukal, 2004). The more efficient the heat transfer processes, the higher the overall furnace efficiency and thus the lower the fuel consumption and flue gas emission.

The thermal efficiency (η_T) of the developed crucible furnace can be determined by measuring the amount of heat absorbed by the stock and dividing this by the total amount of fuel consumed;

$$\eta_T = \frac{\text{Heat output}}{\text{Heat input}} \quad (100) \quad (1)$$

The quantity of heat (Q) that will be transferred to the stock can be calculated from equation (2):

$$Q = mC_p(T_1 - T_2) \quad (2)$$

where, Q = Quantity of heat absorbed by the stock, (J)

m = Weight of the stock, (kg)

C_p = Mean specific heat of the stock, (J/kg/K)

T_1 = Final temperature of the stock, (K)

T_2 = Initial temperature of the stock.(K)

During the experiment the final temperature (T_1) was measured to be 1500°C using a K-types thermocouple, the ambient temperature (T_2) was measured to be 34°C using a digital multi-meter and was used as the initial temperature.

The experimental results gotten from the spent engine oil combustion property carried out using the ASTM standard are the specific gravity (0.8882) and the calorific value (41,870 kJ/kg). The detail procedure used for the experiment can be found in the work of Olalere, (2015). The standard value used is the specific heat capacity for Al-Si alloy (913 J/kg).

Therefore; the heat input into the system was estimated using this relation;

$$Q_{\text{input}} = L_f \times T_t \times S_g \times C_v \quad (3)$$

where,

L_f = quantity of fuel combust,

T_t = total time taken to combust the fuel,

S_g = specific gravity of the combust fuel

and C_v = calorific value of the combust fuel.

$$Q_{\text{input}} = 7 \times 0.33 \times 0.8882 \times 41,870,000 = 85,906,437.54 \text{ J}$$

The heat output from the developed crucible furnace was estimated using equation (2) as follows;

$$Q_{\text{output}} = 30 \times 913(1500 - 34)$$

$$Q_{\text{output}} = 40,153,740 \text{ J}$$

The thermal efficiency of the developed crucible furnace was estimated using equation (1) as follow;

$$\eta_T = \frac{40,153,740}{85,906,437.54} (100)\%$$

$$\eta_T = 0.4674(100) \% = 46.74\%$$

The efficiency of the developed crucible furnace is actually encouraging because is more effective and efficient in performance than the charcoal-fired furnace for recycling aluminium that was evaluated by (Ighodalo, 2011).The efficiency obtained for the furnace was 11.5% and he concluded that low value obtained is as a result of large energy wastage due to the open nature of the furnace.

ENERGY BALANCE IN THE DEVELOPED CRUCIBLE FURNACE

Energy balance is an analyses of a process in which all energy states and flow (inputs and outputs) through a predefined enveloped (system boundary) are quantified. It is one of the numerous tools to evaluate the performance and efficiency of furnaces. Figure 2: indicates energy balance principles used in this work:

$$Q_{in} = Q_{out} + Q_{losses} \quad (4)$$

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o \quad (5)$$

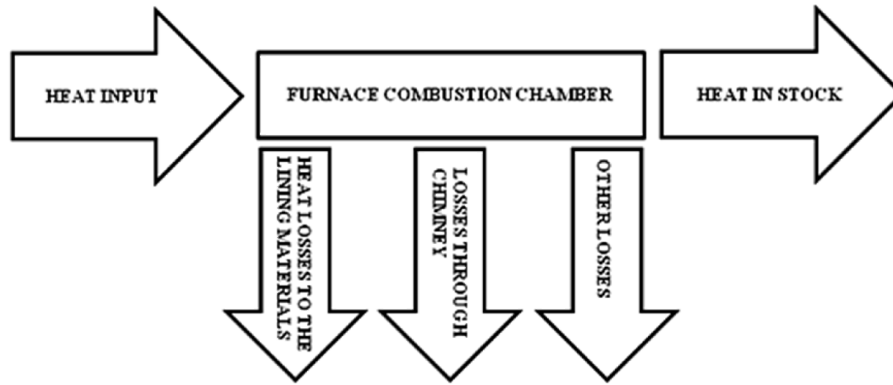


Figure 2: Heat Losses in the Developed Crucible Furnace

Flue gas losses: part of the heat remains in the combustion gases inside the furnace. This loss is also called waste-gas loss or stack loss.

Loss from moisture in fuel: fuel usually contains some moisture and some of the heat is used to evaporate the moisture inside the furnace.

Losses due to presence of hydrogen in fuels that normally results in formations of water and carbondioxide during the combustion exercise of fuel.

Loss through openings in the furnace: radiation loss occurs when there are openings in the furnace enclosure and these losses can be significant, especially for furnaces operating at temperatures above 540°C. A second loss is through air infiltration because the draft of furnace stacks/chimneys causes a negative pressure inside the furnace, drawing in air through leaks or cracks or whenever the furnace doors are opened.

Furnace skin / surface losses, also called wall losses: while temperatures inside the furnace are high, heat is conducted through the roof, floor and walls and emitted to the ambient air once it reaches the furnace skin or surface.

Other losses: there are several other ways in which heat is lost from a furnace, although quantifying these is often difficult. Some of these include;

Stored heat losses: when the furnace is started the furnace structure and insulation is also heated, and this heat only leaves the structure again when the furnace shuts down. Therefore this type of heat loss increases with the number of times the furnace is turned on and off.

Material handling losses: the equipment used to move the stock through the furnace, such as conveyor belts, walking beams, bogies etc, also absorb heat. Every time equipment leave the furnace they loses their heat, therefore heat loss increases with the amount of equipment and the frequency by which they enter and leave the furnace

$$Q_{input} = Q_{output} + Q_{refractory\ materials} + Q_{other\ losses} \quad (6)$$

where;

Q_{input} : Heat derived from combusts of the spent engine oil;

Q_{output} : Heat absorbed by the crucible pot and the stock/scrap materials;

$Q_{refractory\ materials}$: Heat absorbed by the refractory materials; and

Q_{losses} : (Flue gas, Moisture in fuel, Hydrogen in fuel, Openings in furnace, Furnace surface/skin and Other) losses.

The Q_{input} into the system is 100% and Q_{output} is the efficiency of the equipment which is 46.74% and $Q_{refractory\ materials} = 0.82\%$.

The approximate heat losses from the furnace to the surrounding of developed crucible furnace can be calculated from the relations;

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{other losses}} &= Q_{\text{input}} - Q_{\text{output}} + Q_{\text{refractory materials}} \\
 &= 85,906,437.54 - (40,153,740 + 707,774.66) \\
 &= 85,906,437.54 - 40,861,514.66 \\
 &= 45,044,922.88 \text{ J} \\
 &= (100 - 46.74 + 0.82)\% = 52.44\% .
 \end{aligned}$$

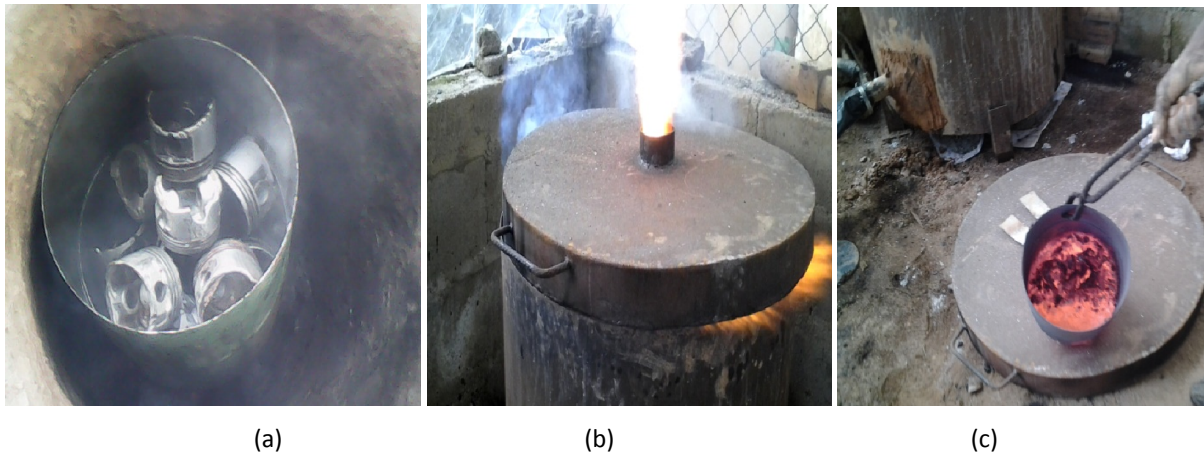


Plate 1: Melting of Al-Si alloy scrap materials: (a) charged crucible furnace; (b) crucible furnace during melting operation; and (c) molten metal lifted out from the developed crucible furnace.

CASTING OPERATION

The moulds boxes were aligned with the aids of the identification marks on both the cope and drag moulding box, remove the slag from the molten metal and lift out the crucible pot with the aids of pair of tongs, immediately pour the molten metal into the already prepared sand mould for the casting process after some few seconds when solidification of the molten metal has completed the cast component was removed from the mould by lifting up the cope pattern box. The step was as shown on plate 2 (a); (b); (c) and (d).



Plate 2: Casting operation:

(a) molten metal ready for pouring into the mould cavity; (b) pouring of the molten metal into the mould cavity; (c) removal of as cast materials after solidification exercise; and (d) displayed of as cast components.

FETTLING OPERATION

The gate and riser of the cast components was cut off to have a good surface finishing as shown in plate 3.



Plate 3: Cast component after surface finishing

CONCLUSION

The developed crucible furnace was fired using spent engine oil and when fired it was used to melt Al-Si alloy scraps materials (automobile engine pistons) from which spanner, connecting rod, small shaft and kerosene stove cooking pot hanger cast using sand casting moulds. Seven (7) litres of the spent engine oil was used up in 20 minutes at a flow rate of $5.833 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Its thermal efficiency reached 46.74% based on computation while the total heat loss estimated was 53.26%.

The equipment is also cheaper when compared to the foreign ones in terms of operating cost and maintenance. The small scale entrepreneurs can venture into the Al-Si alloy scraps recycling exercise to useful components.

REFERENCES

- [1] Abubakre O. K. (2001): Development of Aluminum Based Metal Matrix Particulate Composites (MMPC) Reinforced with Alumina, Silica and Mill Scale. Unpublished Ph.D Thesis, Submitted to the Mechanical Engineering Department, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
- [2] Alaneme K. K. and Olanrewaju S. O. (2010): Design of a Diesel Fired Heat-Treatment Furnace, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. Vol. 9, no.7, pp. 581-591.
- [3] Babalola P. O., Inegbenebor A. O. and Bolu C. A. (2012): Design and Construction of Tilting Furnace for Producing Aluminium Matrix Composites, Presented at the International Conference on Clean Technology and Engineering Management (ICCEM), Mechanical Engineering, Covenant University, Ota, Nigeria. 12th - 15th November, pp. 260 - 271.
- [4] Baukal C. E. (2004): *Industrial Burner Handbook*, CRC Press, Florida, pp: 790.
- [5] Bello S. (2004): Design and Construction of a Gas Fired Crucible Furnace, Unpublished Master Degree Thesis Submitted to the Mechanical Engineering Department, Ambrose Ali University, Ekpoma, Nigeria.
- [6] Govardhan J., Rao G. V. S. and Narasaiah J. (2011): Experimental Investigations and CFD Study of Temperature Distribution during Oscillating Combustion in a Crucible Furnace, *International Journal of Energy and Environment*. Vol. 2, no. 5, pp. 783 - 796.
- [7] Gupta J. (2008): *Elements of Fuels, Furnaces and Refractory's*, 5th Edition, Romesh Chanda Khanna, New Delhi, pp. 1089- 1458.
- [8] Ighodalo O. A, Akue G. , Enaboifo E. and Oyedoh J. (2011): Performance Evaluation of the Local Charcoal-Fired Furnace for Recycling Aluminium, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. Vol. 2, no. 3, pp. 448 - 450.
- [9] Musa N. A. (2012): Comparison of Diesel with Butane Gas in Firing Crucible Furnace for Melting Aluminium, *International Journal of Engineering Research and Technology*. Vol.1, no. 4, pp. 1- 4.
- [10] Olalere A. A. (2015): Development of a Crucible Furnace Fired with Spent Engine Oil using Locally Sourced Materials, Unpublished Master Degree Thesis Submitted to the Mechanical Engineering Department, Federal University of Technology, Akure, Nigeria.
- [11] The Carbon Trust, Energy Efficiency Office, UK Government. Good Practice Guide 76 –
- [12] Continuous Steel Reheating Furnaces: Specification Design and Equipment, 1993. (Assessed from: <http://www.thecarbontrust.co.uk/energy/pages/home.asp> on 1st November, 2013).
- [13] Titiladunayo I. F. and Fapetu O. P. (2011): Selection of Appropriate Clay for Furnace Lining in a Pyrolysis Process, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. Vol. 2, no. 6, pp. 938 – 945.
- [14] Toshikazu Y. and Ryoya M. (2012): The Production of Kerosene Burning Crucible Furnace and a Lesson in Casting Aluminium, *JJSTE*. Vol. 40, no.2, pp. (Assessed from: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JJSTE/v40n2/yamamoto.html> on 21st January, 2014).
- [15] UNEP (2006): *Thermal Energy Equipment, Furnaces and Refractory's*, Energy Efficiency Guild for Industry in Asia, United Nations Environment Programme. (Assessed from: <http://www.energyefficiencyasia.org> : pp 1 - 36 on 1st November, 2013).

Problématique des lixiviats des déchets ménagers et traitement par UASB: cas de la ville de kasba tadla

[Problems of household waste leachate and treatment by UASB: Case of City of kasba tadla]

F. BENYOUCEF¹, A. EL GHMARI¹, and A. OUATMANE²

¹Equipe de télédétection et SIG appliquées aux Géosciences et à l'environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal, BP 523 000 BM, Maroc

²Laboratoire de L'Environnement et la Valorisation des Agro-ressources, Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal, BP 523 000 BM, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In recent years, many designs have been developed for the anaerobic treatment of leachate. The UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) is currently the most recent process used for the treatment of these discharges in Morocco, it is a treatment system known by low sludge production and a high methanogenic activity.

This work aims is to present the importance of leachate treatment of household waste from the town of Kasba Tadla in Morocco By a process of UASB.

Our team is interested in studying how management and recovery of household waste in the city of Kasba Tadla in Morocco. We have shown on one hand the evolution of the tonnage of household waste in the period between 2014 and 2016, as the importance of screening and also determine the evolution of the quantities of leachate produced daily basis for four months, of January to the month of April 2015 and the characteristics of these liquid discharges and their impact on the environment and thought processing techniques.

The results obtained in this study show that the production of household and similar waste of around 11849 tonnes in the year 2014, and 0.27 tonnes / capita / year. These wastes are essentially of the organic material (74%), paper (3%), plastics (9%) of metal (1%) and glass (0.5%). The quantities of leachate produced monthly at the city range from a maximum of a maximum average daily volume of 2320 liters per day during the month of April 2015, and a minimum average daily volume of 1028 liters per day during the month January 2015 with a monthly average of about 46,656 liters per month. The physicochemical analysis of leachate from the region shows a high concentration of organic matter, COD is about 12240 mg O₂ / l and high acidity (pH = 5.16), hence the importance of treatment these effluents through effective and adaptable technology to weather the study area namely the UASB technology before the direct discharge into the environment. Leachate treatment by the UASB technology has allowed us to have an allowance of 93% of COD and pH shift to neutral (pH = 6.9).

In conclusion, the results show the success of the leachate treatment UASB technique in the study area, especially that this technique is already proposed by the urban municipality for the treatment of wastewater.

KEYWORDS: Household waste, Kasba Tadla, Quantifying leachate, Experimental test, Anaerobic treatment, UASB, COD.

RESUME: Ces dernières années, de nombreuses conceptions ont été développées pour le traitement anaérobie des Lixiviats. L'UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) est actuellement le processus le plus récent utilisé pour les traitements de ces rejets au Maroc, c'est un Système de traitement connu par une production faible des boues et une activité méthanogène élevé.

Le présent travail a pour objectif est de présenter l'importance de traitement des lixiviats des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla au Maroc par un procédé d'UASB.

Notre équipe est intéressée à l'étude de la manière de gestion et la valorisation des déchets ménagers dans la ville de Kasba Tadla au Maroc. Nous avons montré d'une part l'évolution du tonnage des déchets ménagers durant la période entre 2014 et 2016 et d'autre part déterminer l'évolution des quantités des lixiviats produites journalièrement durant quatre mois, du mois de Janvier au mois d'Avril 2015 ainsi les caractéristiques de ces rejets liquide et leur impact sur l'environnement et pensé à des techniques de traitement.

Les résultats obtenus durant cette étude montrent que la production des déchets ménagers et assimilés est de l'ordre de 11849 tonnes durant l'année 2014, soit 0,27 tonne/hab/an. Ces déchets sont constitués essentiellement de la matière organique (74 %), du papier (3%), du plastique (9 %), du métal (1%) et du verre (0,5%). Les quantités des lixiviats produites mensuellement au niveau de la ville varient entre un maximum avec un volume moyen journalier maximal de 2320 litre par jour pendant le mois d'Avril 2015, et un volume moyen journalier minimal de 1028 litres par jour pendant le mois de Janvier 2015 avec une moyenne mensuelle de l'ordre de 46656 litres par mois. L'analyse physico-chimique des lixiviats de la région montre une forte concentration de matières organiques, DCO est de l'ordre de 12240 mgO₂/l, et une forte acidité (pH =5,16) d'où l'importance de traitement de ces effluents par une technique efficace et adaptable aux conditions climatiques de la zone d'étude à savoir la technique de UASB avant le rejet direct dans l'environnement. Le traitement des lixiviats par la technique d'UASB nous a permis d'avoir un abattement de 93% de DCO et un passage du pH vers la neutralité (pH=6,9).

En conclusion, Les résultats obtenus montrent la réussite de la technique de traitement des lixiviats par UASB dans la zone d'étude surtout que cette technique est déjà proposée par la commune urbaine pour le traitement des eaux usées.

MOT-CLEFS: Déchets ménagers, Kasba Tadla, Quantification des lixiviats, Essai expérimental, Traitement anaérobique, UASB, DCO.

1 INTRODUCTION

Les lixiviats désignent les eaux issues de l'hydrolyse et la décomposition des déchets ainsi que les eaux qui ont percolé à travers les déchets. Les lixiviats des déchets ménagers et assimilés sont généralement des effluents très chargés en matière organique plus au moins biodégradable, en sels et en divers polluants organiques et inorganiques [1].

La production des lixiviats varie selon la composition et les caractéristiques des déchets en particulier leur teneur en matière organique et en humidité. La composition physicochimique et biologique de ces effluents est par contre étroitement liée à la nature des déchets et à la présence des déchets pollués.

Au niveau des décharges contrôlées les lixiviats sont en outre fortement influencés par les conditions climatiques [2]. La production est en effet fortement corrélée avec les précipitations. En même temps les climats chauds accélèrent la décomposition et peuvent entraîner d'importantes productions de lixiviats lorsque les déchets sont riches en matière organique putrescible. L'évolution des lixiviats en profondeur et dans le temps s'accompagne aussi d'un changement significatif de la composition de ces effluent et en augmente la concentration massique et le caractère polluant [3], [4], [5], [6].

Plusieurs techniques sont aujourd'hui considérées comme potentiellement efficaces pour la dépollution et le traitement des lixiviats et sont appliquée à une échelle industrielle [7], [8]. Les plus utilisées sont basés sur des traitements biologiques anaérobies, physicochimiques, l'osmose inverse et les techniques membranaires et plus particulièrement la nano-filtration couplée ou non au traitement biologique [9], [10], [11], [12].

Au Maroc, les solutions techniques de dépollution ayant été expérimentées par certaines communes sont limitées à la recirculation des lixiviats sur les casiers d'enfouissement, la dépollution par voie biologique dans des bassins aérés et l'osmose inverse. Toutes ces techniques se sont avérées inadéquates. Les rendements épuratoires du traitement biologiques sont en effet trop bas et la recirculation a entraîné des résultats plutôt négatifs avec la production de lixiviats de plus en plus concentrés en sels et en DCO dure [6], [8]. L'osmose inverse reste également une technique relativement couteuse mais aussi productrice d'un concentrât hautement pollué qui nécessite une gestion et une mise en décharge spécifique [13].

Le choix d'une technique donnée est en réalité fonction non seulement de son rendement épuratoire mais aussi de son coût. Dans le contexte marocain, les variations saisonnières tant quantitatives que qualitatives de la production des lixiviats décharge compliquent davantage ce choix, d'où les défis liés à la gestion de ces effluents.

La présente contribution a pour objectif d'étudier la possibilité de traitement à l'amont des lixiviats en utilisant la technique de l'UASB. Le choix de cette technique est motivé par les conditions climatiques locales de la ville objet de cette étude où la saison chaude dure plus de 8 mois avec des températures qui restent en dessus de 10 °C et qui sont considérées comme très favorables au traitement biologique anaérobie selon la technique de l'UASB [14], [15], [16]. Ce choix est également justifié à la fois par la rusticité de l'UASB et par son coût relativement bas, ce qui pourrait en faire une alternative pour de nombreuses petites et moyennes communes marocaines.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

La ville de Kasba Tadla est située sur la rive droite de Oued Oum Er Rbia au moyen atlas centre du Maroc (figure 1). Selon les derniers recensements, la population de la zone d'étude s'élève à 43198 habitants en 2011. La structure de la population est caractérisée par une taille moyenne des ménages qui s'élèvent à 8858 avec un taux d'accroissement annuel de 1,1%. La population de la ville serait en 2016 de 45131 habitants [17].

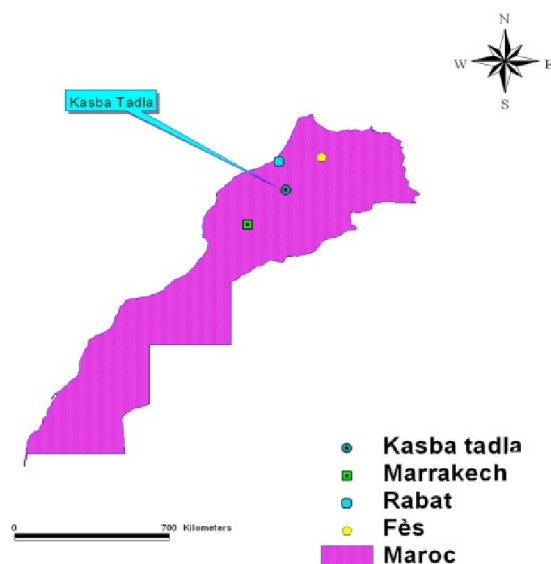


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

2.2 ETUDE DES LIXIVIATS PRODUITS PAR LA VILLE DE KASBA TADLA

L'évaluation de la production en lixiviats frais a été effectuée par la récupération et le pesage du lixiviats collecté au niveau du réservoir à lixiviats des bennes tasseuses. La détermination des volumes récupérés est déduite de la différence de poids au début et à la fin de la collecte par le pesage quotidien au pont bascule. L'essai est été effectué journalièrement pendant 4 mois.

2.3 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES LIXIVIATS

Les lixiviats récupérés ont été analysés pour la détermination des paramètres suivants [18] :

- La demande chimique en oxygène (DCO) par la méthode de dichromate de potassium,
- La matière en suspension a méthode de centrifugation,
- La conductivité électrique *in-situ*,
- Le pH et la turbidité *in-situ*.

2.4 TECHNIQUE DE TRAITEMENT PAR UASB

Le Protocol expérimental utilisé dans cette étude est composé d'un réservoir tampon et d'un digesteur type UASB ayant un volume utile de 200 litres et une hauteur et de diamètre 0,93 m et 0,58 m respectivement (figure 2). Le dimensionnement du digesteur UASB est conçu pour traiter une quantité des lixiviats qui représente d'environ le 1/10 des quantités produites journalièrement.

L'optimisation des conditions d'anaérobie et de séparation triphasique boues-lixiviats-biogaz sont facilitées par un colon métallique qui est lié au plafond du digesteur et immergé dans les lixiviats sur une profondeur de 0,24 mètres. L'alimentation des lixiviats a été effectuée d'une manière continue après la récupération quotidienne à partir des bennes tasseuses de collecte des déchets ménagers lors du transport de ces déchets vers la décharge. Pour réduire la phase de stabilisation et d'adaptation de la flore méthanogène, le digesteur a étéensemencé au début de l'essai par 3 kg des boues naturelles.

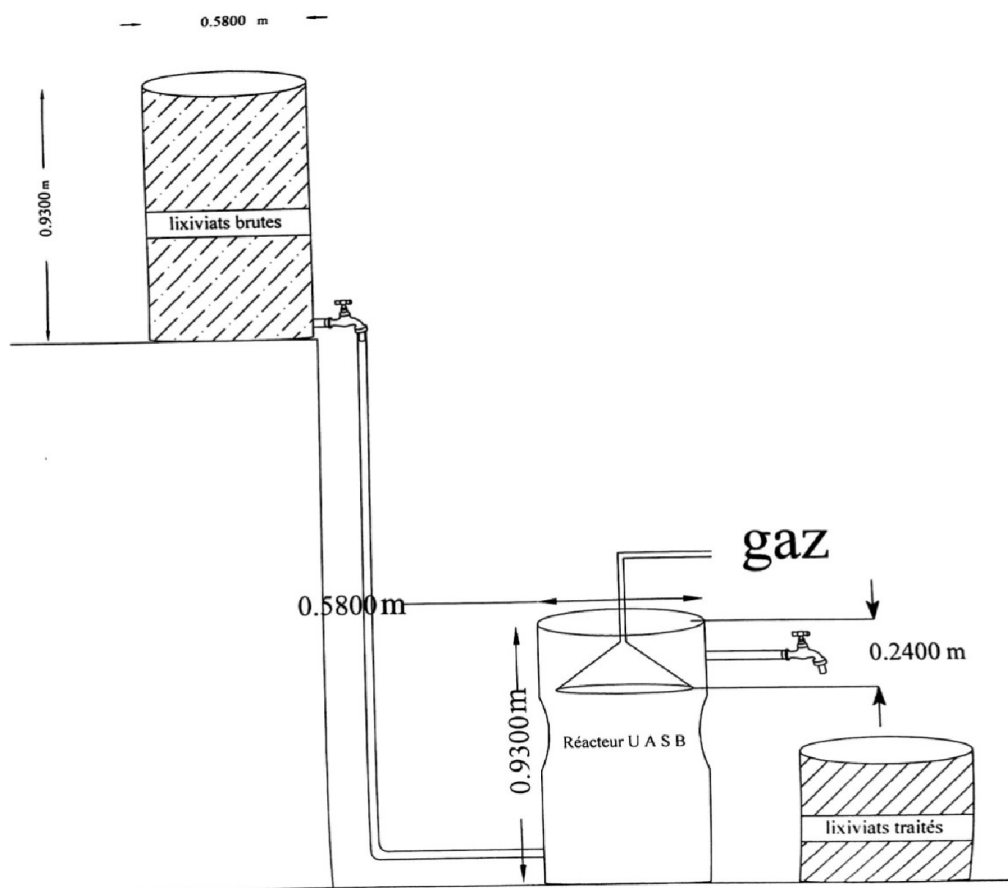


Figure 2 : Schéma du réacteur UASB expérimenté

Le rendement épuratoire a été suivi par des prélèvements d'un litre dans le réservoir tampon et à la sortie di digesteur sur une période de six jours à des intervalles de 24h ce qui correspond à des temps de séjour hydraulique de: 24h, 48h.....120h. L'essai a été effectué pendant le mois de Juin 2013.

Les échantillons prélevés sont mis dans une mallette isotherme et transportés directement au laboratoire pour analyse [19]. Les paramètres analysés sont la DCO, pH, conductivité électrique, la turbidité et la matière en suspension.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 EVOLUTION DU TONNAGE DES DECHETS MENAGERS DE LA VILLE DE KASBA TADLA DURANT LA PERIODE ENTRE 2014 ET 2015

Les déchets ménagers à la ville de Kasba Tadla ont connu une évolution en fonction de l'évolution démographique de la population. En effet, le tableau 1 montre cette augmentation durant l'année 2014 à 2016.

TABLEAU 1 : Evolution du tonnage des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla (2014/2016)

Années	2014	2015	2016
Population estimée /hab	44154	44640	45131
Qté des déchets ménagers T/an	11792	11922	12052
Qté des déchets assimilés T/an	57	59	63
Qté des déchets ménagers T/hab/an	0,27	0,27	0.27
Taux de collecte %	100%	100%	100%
Qté totale à collecter T/an	11849	11981	12115

Les résultats relatifs à l'analyse de la composition des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla sont montrés que la classe dominante est celle de la matière organique par un pourcentage de (74%). Cette dernière varie selon la nature et la composition des déchets entreposés [20]. Les classes de déchets restantes regroupent le papier (3%), le plastique (9 %), alors que les quantités d'aluminium, du fer et du verre sont très négligeables. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans d'autres villes du Maroc et d'autres pays [21], [22], [23], [24].

3.2 QUANTIFICATION ET CARACTERISATION DES LIXIVIATS DES DECHETS MENAGERES DE LA VILLE DE KASBA TADLA

3.2.1 SUIVI DE LA PRODUCTION DES LIXIVIATS

Les lixiviats des déchets ménagers sont des effluents très chargés en polluants organiques et minéraux et en éléments toxiques [5]. La quantité de production des lixiviats varie selon la nature et la composition des déchets. La détermination du volume des lixiviats produits lors de l'opération de transport à la décharge des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla a été suivie durant quatre mois. Les résultats obtenus ont montré que les volumes de lixiviats varie entre un volume moyen journalier maximal de 2320 litre par jour pendant le mois d'Avril 2015, et un volume moyen journalier minimal de 1028 litres par jour pendant le mois de Janvier 2015 avec une moyenne mensuelle de l'ordre de 46656 litres par mois. L'évolution journalière de ces effluents a montré également qu'ils ont en augmentation ils ont dépendant directement à la nature des déchets produits (Tableau 2).

TABLEAU 2 : Evolution des lixiviats produites journalièrement entre le mois de Janvier et Avril 2015 en (l/j)

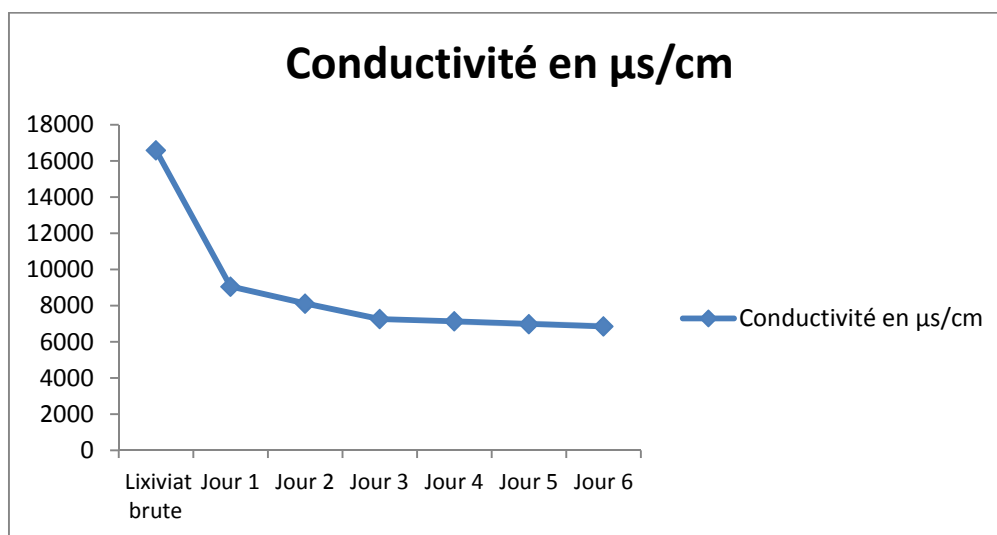
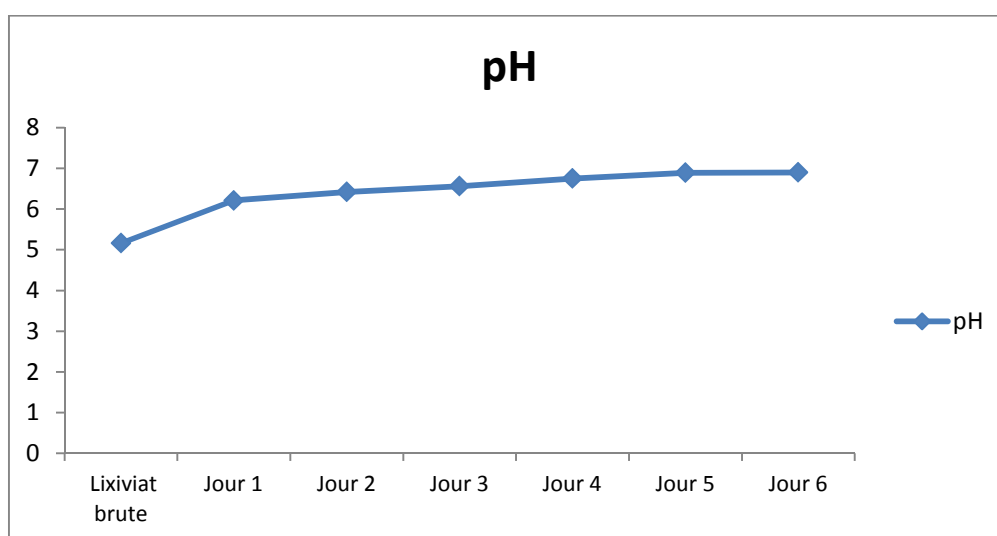
JOURS	JANVIER		FEVRIER		MARS		AVRIL	
	Quantité des déchets (T/j)	Quantité des lixiviats (l/j)	Quantité des déchets (T/j)	Quantité des lixiviats (l/j)	Quantité des déchets (T/j)	Quantité des lixiviats (l/j)	Quantité des déchets (T/j)	Quantité des lixiviats (l/j)
1	36	1100	35	1100	36	1800	37	2380
2	35	1050	33	900	35	1750	36	2210
3	37	1200	36	1200	38	2250	34,5	2120
4	33	850	35	930	37	1830	38	2550
5	34	960	37	1250	34	1700	37,5	2400
6	36	1110	35	1220	37	1850	35,5	2170
7	35	980	34	1000	36	1800	37,5	2522
8	33	850	37	1134	35	1750	36	2210
9	34	1185	36	950	38	2250	34,5	2120
10	30	820	35	1220	34	1700	38	2550
11	35	990	34	1000	37	1850	37,5	2400
12	35	1050	37	1134	36	1800	38	2550
13	37	1200	36	950	37,5	2220	34	2100
14	33	850	37	1250	37,5	2030	37	2380
15	34	1185	33	900	34,5	1718	36,5	2130
16	30	820	33,5	910	37	1850	35,5	2170
17	35	990	35	1220	36	1800	37,5	2522
18	37	1200	34	1000	35	1750	36	2210
19	36	1070	37	1134	34	1700	34,5	2120
20	35	1050	36	950	37	1850	38	2550
21	37	1200	35	1100	36	1800	38	2550
22	33	850	33	900	37,5	2220	34	2100
23	30	833	36	1200	36	1800	37	2380
24	34	1185	35	930	35	1750	36,5	2130
25	30	820	33	900	38	2250	37	2380
26	36	1100	33,5	910	37	2000	36	2210
27	35	1050	35	1220	34	1700	34,5	2120
28	37	1200	34	1000	37,5	2220	38	2550
29	33	850	—	—	36	1800	37,5	2522
30	37	1200	—	—	35	1750	—	—
31	36	1070	—	—	36	1800	—	—

3.2.2 ESSAI DE TRAITEMENT DES LIXIVIATS DES DECHETS MENAGERES DE LA VILLE DE KASBA TADLA PAR UASB

Les compositions chimique et biochimique des lixiviats sont non seulement très diverses mais aussi variables dans le temps et dans l'espace. La détermination de la composition globale de ces rejets est le plus fréquemment s'effectuée grâce à des analyses physico-chimiques [25]. La composition physico-chimique des lixiviats a été déterminée à la fois sur les lixiviats brutes et les lixiviats traités par UASB afin de montrer l'efficacité de ce processus de traitement (tableau 3).

TABLEAU 3 : Caractérisation des lixiviats de la zone d'étude avant et après traitement par UASB

N° d'Echantillon	pH	T °C	Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	DCO en mg d'O ₂ /l	MES en mg/l	Turbidité en NTU
Lixiviât brute	5,16	32	16590	12240	4,94	1920
Jour 1	6,21	33	9055	7765	3,45	1375
Jour 2	6,42	35	8120	4423	2,12	985
Jour 3	6,56	33	7265	1284	1,23	650
Jour 4	6,75	35	7142	1036	1,08	425
Jour 5	6,89	36	6985	976	0,96	384
Jour 6	6,9	36	6857	921	0,9	374



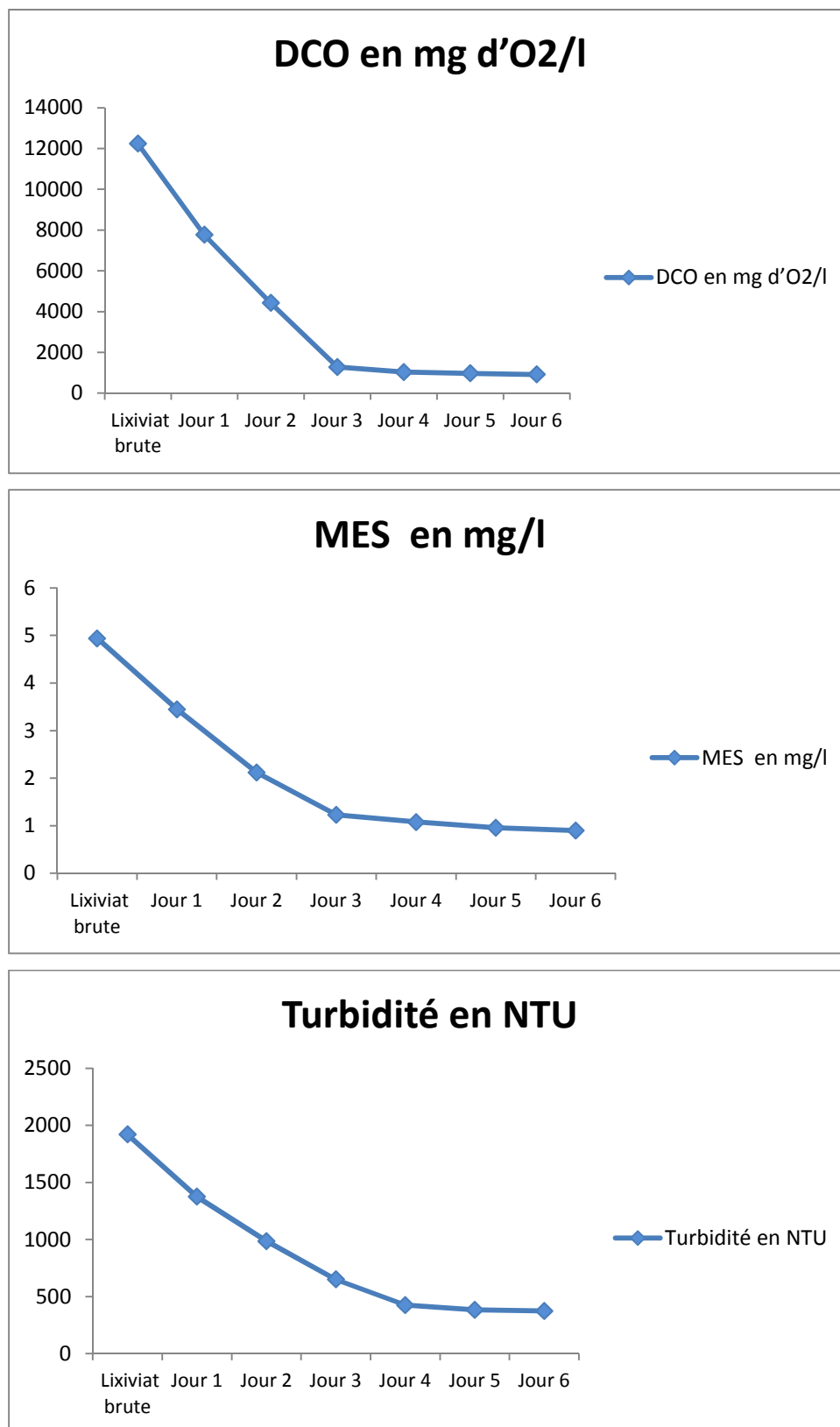


FIGURE 3 : Evolution des paramètres pH, Conductivité électrique, Demande chimique en oxygène (DCO), Matières en suspension (MES) et la turbidité des lixiviats de la région de Kasba Tadla avant et après traitement par la technique de UASB

Les résultats obtenus montre que la majorité des paramètres ont connus une nette diminution entre l'échantillon brute et les lixiviats après traitement par UASB dès le premier jour. Ce qui confirme le bon fonctionnement de ce système de traitement. En effet, l'évolution de la conductivité électrique met en évidence des valeurs décroissantes d'une façon régulière par rapport au temps de résidence dans le réacteur UASB dès les premiers heures pour avoir une diminution d'environ 50% après un temps de séjours hydraulique (TSH) d'une journée, ce paramètre reste toujours en diminution mais avec une certain stabilité pour arriver à un taux de 60 % vers la sixième journée. Le suivi du pH indique un caractère acide avec une valeur de 5.16 pour les lixiviat brute pour passer à la neutralité avec une valeur de 6,9 après le passage d'un temps de résidence de 6 jours au niveau du réacteur UASB. Le suivi du rendement épuratoire de la matière en suspension et la turbidité atteint respectivement des valeurs de 82% et 81% avec une certaine stabilité dès le deuxième jour. L'étude de l'évolution temporelle du rendement épuratoire de la DCO met en évidence un abattement très important qui est de 93% après un TSH de 6 jours avec une température moyenne de 34 °C et un maximum de 36 °C et un minimum de 32 °C durant la période d'étude.

Au vu de ces résultats, on remarque que le traitement par UASB s'accompagne d'une diminution de la conductivité électrique sûrement liées aux échanges chimiques entre les lixiviats et le sédiment. Par ailleurs le même phénomène de diminution du pH apparait par le passage du pH de 5.16 à une valeur de 6,21 après un temps de séjour de 24 heures ce qui confirme la repense de notre système dès les premiers heures de démarrage de la technique de traitement par UASB. Les résultats obtenus sont encourageants surtout en matière de réduction de la DOC, l'abattement de ce paramètre a été enregistré après quelques heures de lancement de notre procédé UASB d'une manière ponctuelle, liée à la biodégradation des matières organiques par des microorganismes anaérobiques lors du cheminement des lixiviats du bas vers le haut du réacteur, qui est accompagnée par la production du biogaz. Nos résultats obtenus sur le traitement des lixiviats convergent et ceux constatés dans la littérature sur le traitement des eaux usées issues d'autre sources autre que les déchets solides [26], [27]. Notons également que nous avons mis en évidence une forte corrélation entre les différentes paramètres physico-chimiques, ces derniers ont atteint, durant un temps optimal, des valeurs très acceptables pour le traitement de ce type d'effluent.

4 CONCLUSION

Les résultats de cette étude nous ont permis de faire différentes conclusions, pour ce qui est du tri et la valorisation des déchets ménagers à la zone de Kasba Tadla, le pourcentage des déchets valorisés est très faible par rapport aux déchets organique, donc pour les techniques de traitement de ces déchets il faut penser au compostage Ceci permettra par la suite d'obtenir du compost facilement valorisable. On ce qui concerne les lixiviats, d'après notre étude nous avons arrivé à démontrer que les déchets ménagers de la région produisent de grande quantités de lixiviat environ 46656 litres par mois, a forte charge organiques et qui pose un vrai danger sur l'environnement ce qui nous a poussés de chercher des techniques de traitement moins coûteuses et plus efficaces à savoir la technique de UASB, et les résultats obtenus durant cette étude ont confirmé la réussite de notre technique de traitement pour les lixiviats des déchets ménagers de la zone de Kasba Tadla, surtout que les conditions climatique de la ville sont très favorable est donc c'est un facteur qu'il faut exploité pour minimiser l'impact de ces rejets sur l'environnement.

REFERENCES

- [1] SOUABI S, TOUZARE K, DIGUA K, CHTIOUI H, KHALIL F et TAHIRI M, 2011. Triage et valorisation des déchets solides à la décharge publique de la ville de Mohammedia. Technologies de laboratoire, n°25, pp: 121-130.
- [2] KASCHL A, RÖMHELD V and CHEN Y, 2002. The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. The Science of the Total Environment, n° 29, pp: 45-57.
- [3] TREBOUET D, BERLAND A, SCHLUMPF J P, JAOUEN P et QUEMENEUR F, 1998. Traitement de lixiviats stabilisés de décharge par des membranes de nanofiltration. Revue des sciences de l'eau, vol. 11, n° 3, pp°. 365-382.
- [4] NUR SHAYLINDA MOHD ZIN, 2012. Characterization of leachate at matang landfill site, perak, malaysia Academic Journal of Science CD-ROM. ISSN: 2165-6282 1(2) pp:317-322,
- [5] RENOU S, POULAIN S, GAGNAIRE J, MARROT B ET MOULIN P., 2008. Traitement des effluents industriels : techniques et procédés lixiviat de centre de stockage: déchet génère par des déchets. L'eau, l'industrie, les nuisances, n°310, pp : 37-43.
- [6] DEL BORCHI A, BINAGHI L., CONVERTI A., AND. DEL BORCHI M, 2003 Combined Treatment of Leachate from Sanitary Landfill and Municipal Wastewater by Activated Sludge. Chem. Biochem. Eng. Q. 17 (4), pp : 277-283.
- [7] FORESTI E, 2001. Perspectives on anaerobic treatment in developing Countries. Water Science and Technology, Vol 44, No 8, pp: 141-148

- [8] CHRISTOPHE.B, 2014. Traitement des lixiviats: des affluents complexes qui nécessitent un traitement poussé. L'eau, L'industrie, les nuisances, pp : 49-58.
- [9] Xu Y, Yue D, Zhu Y, Nie Y, 2006. Fractionation of dissolved organic matter in mature landfill leachate and its recycling by ultrafiltration and evaporation combined processes. *Chemosphere*, n° 64, pp: 903–911.
- [10] YAMASAKI A, TYACI R. K, FOU DA A and. MATSUURA T, 1996. Effect of Evaporation Time on the Pervaporation Characteristics through Homogeneous Aromatic Polyamide Membranes. II. Pervaporation Performances for Ethanol/Water Mixture. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 60, pp: 743-748.
- [11] KHATTABI H, ALEYA L, MANIA J, 2002. Lagunage naturel de lixiviats de décharge. *Sciences de l'eau*, n° 15/1, pp: 411-419.
- [12] TA`NIA F.C.V. S, M. ELISABETE F. S, A. CRISTINA C, AME`LIA F, ISABEL S, M.A. SOUSA, C. GONCALVES, M.F. ALPENDURADA , RUI A.R. BOAVENTURA , VI`TOR J.P. VILAR , 2013. Multistage treatment system for raw leachate from sanitary landfill combining biological nitrification-denitrification/solar photo-Fenton/ biological processes, at a scale close to industrial Biodegradability enhancement and evolution profile of trace pollutants. *water research*, n° 47, pp° 6167 -6186.
- [13] DI PALMA L, FERRANTELLI P, MERLI C, PETRUCCI E, 2002. Treatment of industrial landfill leachate by means of evaporation and reverse osmosis. *Waste Management* , n° 22 , pp : 951–955.
- [14] ZEEMAN G and LETTINGA G, 1999. The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. Elsevier Science Ltd, Vol: 39, N° 5, pp: 187-194
- [15] LETTINGA G, VELSEN A F M, HOBMA S W, ZEEUW W J and Klapwijk A, 1980. Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) reactor concept for biological waste water treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol: 22,pp: 699-734. L
- [16] SEGHEZZO L, 2004. Anaerobic treatment of domestic wastewater in subtropical regions. Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 172 p.
- [17] MINISTERE DE L'INTERIEUR, 2008. Cahier des charges pour la gestion déléguée des services de propreté comprenant la collecte et l'évacuation des déchets ménagers et assimilés et le nettoyage des voies et place publiques, ainsi que l'évacuation des produits de nettoyage de la ville de Kasba Tadla, Maroc, 49 p.
- [18] RODIER J, 1984. L'analyse de l'eau. pp 565-589, Dunod , 7 ème édition, 1365p
- [19] RASSAM A, BOURKHISS B, CHAOUCH A, EL WATIK L, CHAOUKI H et GHANNAMI M, 2012.Caractérisation de lixiviats des décharges contrôlées au Maroc et solutions de traitement : cas de lixiviats de la ville d'al Hoceima. *Environnement Science Lib*,vol 4, N ° 120204ISSN 2111-4706
- [20] TABET.- AOUL M, 2001. Types de Traitement des Déchets Solides Urbains Evaluation des Coûts et Impacts sur l'Environnement. Production et Valorisation – Biomasse, pp :97-102.
- [21] HWANG I,AOYAMA H, MATSUTO T, NAKAGISHI T, MATSUO T, 2012.Recovery of solid fuel from municipal solid waste by hydrothermal treatment using subcritical water, Japan. *Waste Management*,n°32,pp :410–416.
- [22] BEYLOT A, VILLENEUVE J, 2013.Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: Acomparision of 110 French incinerators using a life cycle approach. France. *Waste Management*, n° 33, pp:2781–2788.
- [23] EZEQUIEL J, PONCE-ORTEGA J M, BETZABE J, SERNA-GONZALEZ M, EL-HALWAGI M , 2013. Optimal planning for the sustainable utilization of municipal solid waste. Mexico, USA, Saudi Arabia. *Waste Management*, n° 33, pp: 2607–2622
- [24] AJIR A, 2002. Gestion des déchets solides au Maroc: Problématique et approche de développement. *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*, Tunis, (EPCOWM'2002), pp: .740-747.
- [25] SCHLUMPF J P, TREBOUET D, QUEMENEUR F, MALERIAT J P, JAOUEN P, 2001. Réduction de la DCO dure des lisiers de porc et lixiviats par nanofiltration. *Science de l'eau*, n°14/2, pp : 147-155.
- [26] NEENA C, AMBILY P.S and. JISHA M.S, 2007.Anaerobic degradation of coconut husk leachate using UASB-reactor. *Environmental Biology*, n°28(3), pp: 611-615.
- [27] BOHDZIEWICZ J, KWARCIAK A, 2008.The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment. *Desalination*, n°222, pp: 128–134.

The fishing strategy of foreign seiners in relation to spatial dynamics of the Sardine (*Sardina pilchardus*) in the North western African Atlantic region: Case of Spanish fleet fishing in the area between Cap boujdour and cap Blanc

Amina Oulmalem¹, Naoki Tojo², Rachida Houssa³, Aziza Lakhnigue³, Najib Charouki³, and Mustapha Hakdaoui⁴

¹Department of Geology,
University Hassan II, faculty of sciences Ben M'sik, B.P 150 – Mohammedia,
Institut national de recherche Halieutique (INRH), 2, rue de Tiznit,
Casablanca, Morocco

²Expert project Cooperation INRH-JICA,
INRH, Bd. Sidi Abderrahaman, Ain diab, 20100,
Casablanca, Morocco

³Institut National de Recherche Halieutique, 2 rue de Tiznit,
Casablanca, Morocco

⁴Department of Geology,
University Hassan II, faculty of sciences Ben M'sik, B.P 150 – Mohammedia,
Casablanca, Morocco

Copyright © 2015 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 Spanish purse seiners fishing in the area between Cape boujdour (26 ° N) and cape blanc (21 ° N) during the fishing agreement between Morocco and the European Union in 1995-1999, have realized in 1998 the largest catch of sardine (*Sardina pilchardus*) despite the very small number of ship represented by 2%. To understand the fishing strategy of the Spanish purse seiners in 1998, general linear model (GLM) was applied to the catch per unit of effort (CPUE) to analyze the purse seiner's activities in relationship with the distribution of sardine in space and time.

The result of GLM method analysis showed that the distribution of Spanish seiners was concentrated in the area between 24°N and 25°N and from the coastline to 50m of deep. Also the most important catch was realized in autumn. The same area and period that contains the high concentration of sardine (between 26°N and 23°N).

This explains that Spanish seiners were able to exploit the different conditions favoring the realization of important catches for a specific period. These conditions are the best fishing season: Autumn, the best fishing area near the coast, the technical equipment (GRT) and latitudinal dynamics of the species between 25°N et 23°N.

KEYWORDS: fishing activity, catch, CPUE, sardine, GLM.

1 INTRODUCTION

The North western African Atlantic area has topographical and hydrological advantages which make it suitable to be among the richest regions in fisheries resources in the world. Indeed, it is characterized by a continental shelf which parts are very wide, especially between 26°N and 20°N. In addition, this area is favored to be among the areas where is manifested the phenomenon of upwelling, which promotes the durability of fisheries resources, especially pelagic fish, through enrichment of the water column in mineral materials [1],[2],[3],[4].

Small pelagic fish catches, mainly sardines, sardinellas, anchovies, mackerel, horse mackerel, are more than 2.4 million tons during the period 2008-2012 [5]. It's the first fished species with about 35% of the total landing of small pelagics in the same period. The area between Cape Boujdour (26°N) and Cape Blanc (21°N) remains the main important zone of sardine in term of biomass with 80% of the total sardine biomass (around 4 millions) in the North West Africa, while the species represent 28% of term of catches. The annual landings of sardine vary under the influence of environmental fluctuation and fishing effort.

This species was exploited by the Moroccan national vessels and foreign vessels (Russian, European Union) operating under fisheries agreements since the 1980's.

Between 1980 and 2012, five fisheries agreements have been signed between the Government of Morocco and the European Union, authorizing the European vessels to fish in the zone economic exclusive (ZEE) of Morocco. The 1995-1999 agreement, recorded the largest catch of sardines, made by Spanish purse seiners although they account only 2% of all the European ships.

The objective of this work is to clarify the fishing effort characteristics of Spanish purse seiners between Cape Boujdour (26°N) and Cape Blanc (21°N) in the year 1998, when sardine catch was extreme by foreign fisheries. We hypothesized that the application of fishing strategies and tactics with specific gears, in relation to distribution of sardine, resulted in the extremely high catch. We examined the hypothesis based on a combination of the visual analysis and statistical analysis in the relationship among effort characteristics, catch per unit of effort (CPUE) and distribution of sardine.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study area is focused in the southern zone (zone C) between Cape Boujbor (26°N) and Cape Blanc (21° N) (Fig.1). This area belongs to the Moroccan Atlantic coastline that is generally subdivided into three main areas according to the main sardine stock locations: the northern stock, located between Tanger and Cape Cantin, the central stock, extending from Cape Cantin to Cape Boujdour; and the southern stock, from Cape Boujdour to Cape Blanc [6].

The exploitation of sardine in this area began in 1968 as a secondary jack mackerel, horse mackerel and sardines [7]. This stock has experienced rapid growth due to several mass reproductions in the early 70s [8] which resulted in a considerable increase in catches. From the 80s, this stock has been the subject of exploitation by foreign fleets in the bilateral framework agreements with two types of fleets: seiners (Moroccan and Spanish) and pelagic trawlers (Russian, Ukrainian and others).



Fig.1 Study area located between Cape Boujdour and Cape Blanc

2.2 DATA COLLECTION

Two main types of data were collected, in aim to conduct our analysis (fig.2): commercial fisheries logbooks of Spanish purse seiner operating in the study area in 1998 and scientific acoustic surveys carried out in 1998, by Dr Fridjof Nansen vessel and Atlantida vessel in the Moroccan Atlantic coast.

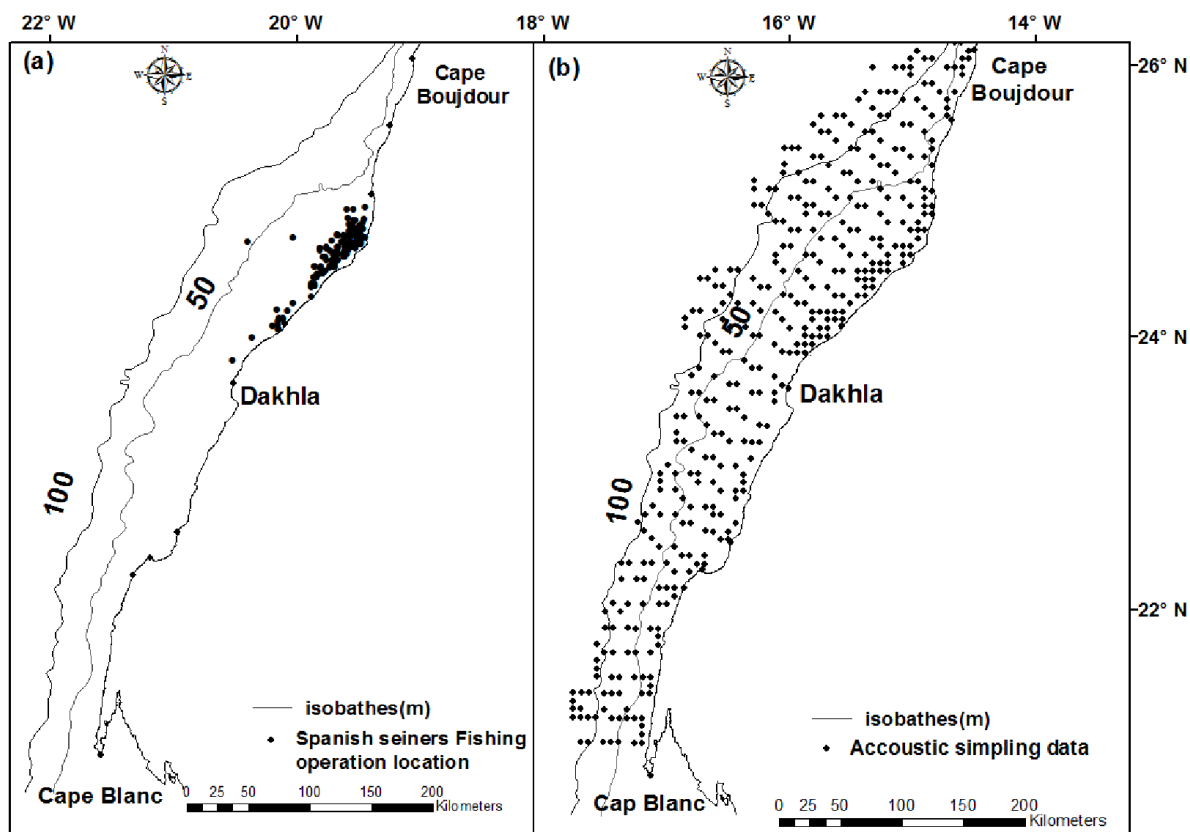


Fig. 2 Data used in this study, the map (a) represents the operation fishing of Spanish vessel, specially purse seiners of pelagic fish whiting the study area in 1998, the map (b) represents the schema of the acoustic surveys conducted by research vessel FRS'Dr Fridtjof Nansen and Atlántida vessel in 1998.

2.2.1 COMMERCIAL FISHERIES LOGBOOKS

The commercial logbook records were provided by the Moroccan ministry of fishery and agriculture. The used data represents 82% of Spanish purse seiner authorized to fish in the study area (The sampled vessels number was 9, from a total of 11). The database was structured in ACCESS Microsoft software, and included vessel characteristics information, fishing operation start and stops time, positions (latitude and longitude in degrees and minutes), in total, 203 fishing operation data records were used in this work.

Table. 1 Logbooks information of Spanish purse seiners

Data	Unit
Gear	(m)
Season	Autumn, Summer, Winter
Gross register tonnage of vessel	GRT
Lenght_Max of the vessel	(m)
Year of construction	date
System of conservation	Freezing, fresh, refrigeration
Maximal speed	node
Engine power	Cv
Number of crew	number
Depth	(m)
Time of fishing	(Min)
Zone of fishing	longitude and latitude
Target species(Sardine)	(t)

2.2.2 SCIENTIFIC SURVEYS

The Scientific surveys data were provided by the Fisheries Research Institute (INRH) for the months: July, November and December 1998. For this study, values of Sardine density were imported into ESRI ArcGIS 10.0 in points feature organized in parallel transects spaced 10 nautical miles (n.mi.), extended from about 10m to the more than 1000m and having a mean distance between two successive points of 5 n.mi.

2.3 ANALYSES

2.3.1 VISUAL ANALYSIS

For the visual analysis of each survey data, we created an interpolated raster surfaces using the Inverse Distance Weighted (IDW) function [9], all data processing including simulation and interpolations used UTM_ZONE_28 projection to minimize the spatial distortion of the map in the region that included the study area.

The produced maps will represent a comparison between the distribution of sardine and the fishing effort with a resolution of 5-km to visual interpolation of the indices on the map. The same best-fit models for each variable in the statistical analyses were used. The density sardine values were plotted over the sardine catch, surface of seine and GRT on the GIS platform. ArcGIS ver. 10 (ESRI) was used for all data processing and analyses addressing spatial trends and geostatics.

2.3.2 STATISTICAL EVALUATION OF RELATIONSHIP BETWEEN CPUE AND DISTRIBUTION OF SARDINE

The nominal catch per unit of effort (CPUE_{nm}) is used as a variable to be explained in a Generalized linear models (GLMs). The CPUE_{nm} is obtained by dividing the sardine catch (in tonnes) per duration of fishing operation (fishing time in minutes) (eq.1):

$$CPUE_{nm} = C/E \quad (eq.1)$$

C: is the catch made during a fishing operation.

E: the duration of fishing operation corresponding.

Generalized linear models (GLM), formally introduced by Nelder and Wedderburn (1972) and advanced by McCullough and Nelder (1989), are commonly used to standardize the catch and effort data [10], In our study, in aim to evaluate relationship between CPUE and distribution of sardine, and having regard that 13% of the nominal catch rates value is 0, which can sometimes contains information, we used a Delta-GLM composed of two sub-models types: model 1, (presence-absence) where is the predicted probability of presence; **and** model 2, (non zero observations) which is predicted abundance if present.

Full models were compared based on the the Akaike information criteria [11], The variables used in these two models are: the date (month), the depth of the fishing, the distance from the coast, and the characteristics of vessels. A stepwise regression procedure was used to determine factors that significantly explained the observed variability in each model. Model evaluation and diagnosis was carried out through residual analysis [12], Analysis and model formulations for the delta model were done using the R statistical software packag

3 RESULTS

3.1 VISUALIZATION OF SARDINE DENSITY, SARDINE CATCH, AND EFFORT FISHING DISTRIBUTION

The map obtains for the density distribution in 1998, shows that the most important densities of sardine is located inside the territorial waters, under the 50 meter of isobaths, between the latitude 26°N and 22°N. In the same area, where the density of sardine is height, the Spanish catch was important (fig.3), especially between the latitude 26°N and 24°N.

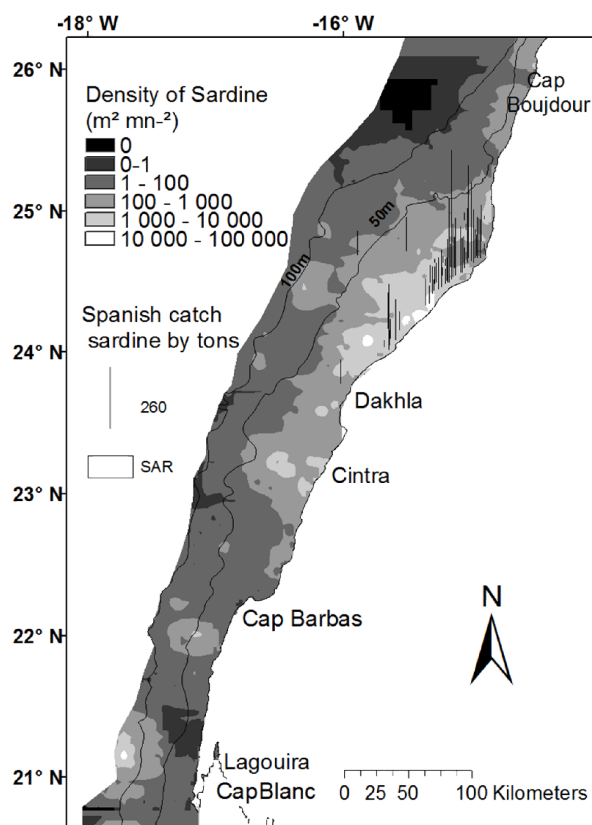


Fig. 3. Sardine density spatial distribution in comparison with the Spanish catch sardine in 1998.

The distribution of sardine density and catch was varying in space during the seasons. The density map of sardine in summer (fig. 4) showed an important concentration of sardine located between the latitude 26°N and 24 ° N, while high capture was realized exactly between the latitude 25°N and latitude 24,5°N.

In the autumn season, the concentration of sardine was more showed between the latitude 25°N and 23°N (fig. 5), while the high capture was showed in the zone between 25°N and 24°N

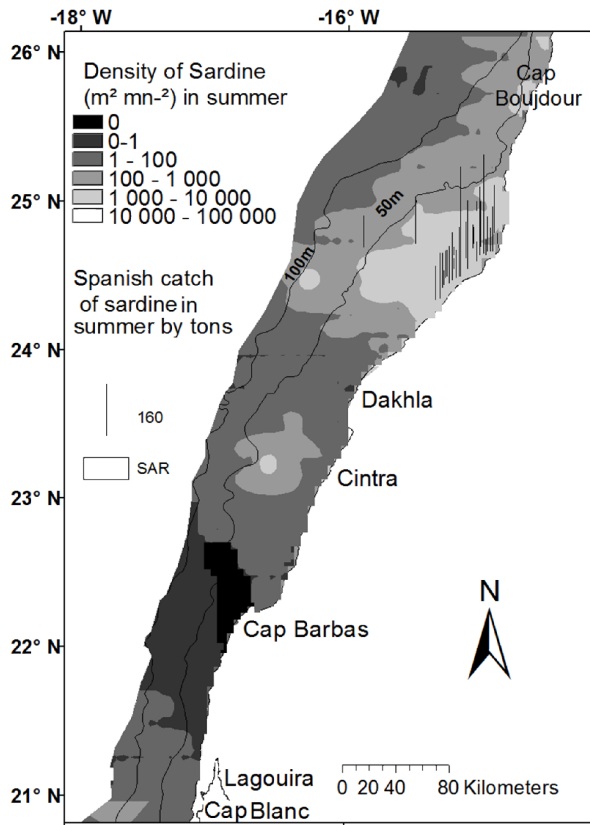


Fig.4 Sardine density spatial distribution in comparison with Spanish sardine catch in summer 1998.

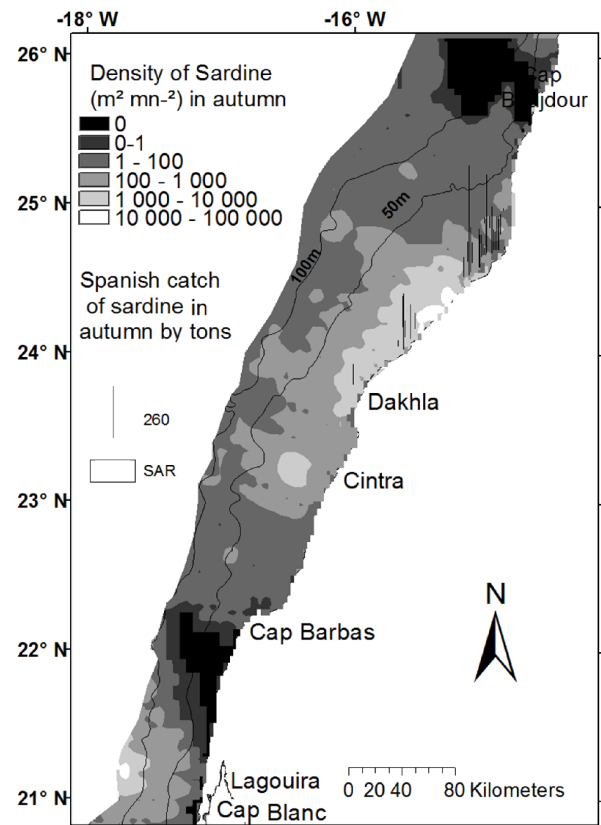


Fig.5 Sardine density spatial distribution in comparison with Spanish sardine catch in autumn 1998.

The fishing efforts deployed in the operation of fish were the surface of seine and GRT of vessels. From the analysis of the distribution of effort in relation with the latitude and distance from the coast (fig. 7,8), results showed that big value of GRT, and large surface of seine were used, especially in a distance from the coast less than 20 km, and between the latitude 23,8°N and 25°N.

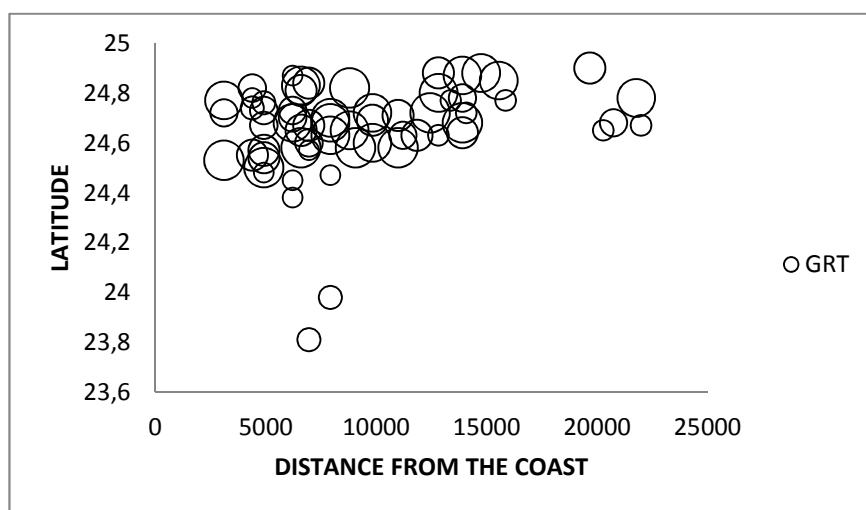


Fig. 6 the distribution of GRT effort in relation to the latitude and distance from the coast.

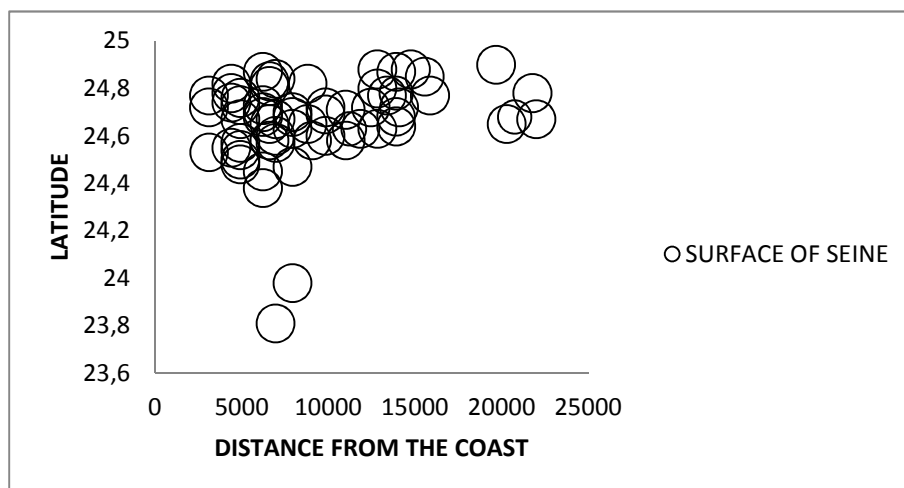


Fig. 7 the distribution of surface seine effort in relation to the latitude and distance from the coast.

3.2 DELTA MODELS (GLM) AND STATISTICALLY BETTER MODEL:

The results from the two models: presence-absence and presence model both represented a deviance explain respectively of 70 and 82% (tab.2). The explanatory factors depth of fishing, date (months), and surface of seine explained more the 3% of the deviance percentage in the models.

Table 2. The deviances explain and AIC of the best sub-models.

BEST MODELS	AIC	Deviance explain (%)
logit ($CPUE_{0/1}$) ~ months+ distance from the coast + depth of fishing+ surface of seine	94,67	70%
Log($CPUE_{>0}$) ~ months+ distance from the coast + GRT of vessel.	184,64	82%

After the selection of best models was done, based on the AIC value, the relationship between the CPUE and variables showed that the probability of presence CPUE has a positive relationship with the depth of fishing, and surface of net used, while for the distance to coast was negative (table. 2).

Table 3. Results of the regression relationship between the catch per unite of effort and distribution of sardine from the model of presence-absence.

Variables	Estimated coefficients	Standard error
Intercept	4.20	2.28
Month_June	-0.19	1.03
Month_May	-0.32	1.07
Month_November	1.14	0.93
Month_October	0.64	1.08
Month_September	-0.34	1.13
Distance from the coast	-0.29	0.12
Depth of fishing	1.53	0.79
Surface of seine	0,94	0.44

Results from the model of presence, showed that GRT has a positive relationship with the CPUE, big GRT value conduct to an important catch of sardine, contrary to the distance of coast which has a negative relationship with CPUE values (Table. 3).

Table 4. Results of the regression relationship between the catch per unite of effort and distribution of sardine from the model of presence.

Variables	Estimated coefficients	Standard error
Intercept	-2.31	0.26
Month_June	0.44	0.21
Month_May	0.25	0.30
Month_November	0.51	0.20
Month_October	0/56	0.25
Month_September	0.02	0.33
Distance from the coast	-0.05	0.03
TJB	0.015	0.004

4 DISCUSSION

The hypothesis on the relationship among catch per unit of effort (CPUE) and distribution of sardine was approved. The visual and statistical analysis results showed that Spanish seiner's vessels operated in the zone of high concentration of sardine density, which led to an important catch of sardine between the coast and 50 m of depth (**fig. 3**).

Seasonal distribution visual analysis of Spanish purse seiners fishing effort shows a concentration of fishing activity in the area between the coast and depth of 50m. In addition, the fishing area was concentrated between the lines of latitude 25°N and 24°N, knows an extension to the line 23 °N in autumn. The large catch recorded in autumn is due to the abundance of adult sardines between the coast and 50 m depth in autumn (Fig. 5) while in summer, adult sardines or on reproduction, are less important in terms of quantity (Fig. 4) [13].

Statistical analysis for the first model (presence-absence) of catch, showed that the main factors affecting the CPUE were: date (months), distance from coast, depth of catch, and surface of seine. When the distance is small, depth between 20 and 50m, by using large surface of seine (fig. 7), the probability of present catch becomes strong. Also the model proved that the presence of catch was not depending on the position (latitude and longitude), in a regional scale.

The second model of presence catch, main factors were: date (month), GRT, and distance from coast. In term of effort, large value of GRT vessel was deployed, between the latitude 23°N and 25°N, concentrated in a distance less that 25 km (Fig. 6). Removed variables were the surface of gear, and depth of catch, in this case, the catch was depending on the aggregation of fish in relation to the distance from the coast.

5 CONCLUSION

This study showed that Spanish seiners were able to exploit the different conditions favoring the realization of important catches for a specific period. These conditions are the best fishing season: Autumn, the best fishing area near the coast, the technical equipment (GRT) and latitudinal dynamics of the species between 25°N et 23°N. Based on the knowledge of conditions affecting the concentration of sardine in the area of study, and its seasonal migration which is important key to understand his behavior in seasonal time, the strategy of operation fish was successful during the year 1998 for the Spanish vessels.

REFERENCES

- [1] A. Makaoui, A. Orbi, J. Arestigui, A. B. Azzouz, J. Laarissi, A. Agouzouk, and K. Hilmi, "Hydrological seasonality of cape Ghir filament in Morocco," *Natural Science*, Vol.4, No. 1, pp. 5-13, 2012.
- [2] T. Brochier, F. Colas, C. Lett, V. Echevin, L. A. Cubillos, J. Tam, M. Chlaida, C. Mullon, and P. Fréon, "Small pelagic fish reproductive strategies in upwelling systems: A natal homing evolutionary model to study environmental constraints," *Progress in Oceanography*, vol. 83, no. 1–4, pp. 261–269, 2009.
- [3] P. Fréon, J. Alheit, E. D. Barton, S. Kifani, and P. Marchesiello, "Modelling, forecasting and scenarios in comparable upwelling ecosystems: California, Canary and Humboldt," *Large Marine Ecosystems*, vol. 14, pp. 185–220, 2006.
- [4] S. Kifani and F. Gohin, "Dynamique de l'upwelling et variabilité spatio-temporelle de la répartition de la sardine marocaine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)," *Oceanologica acta*, vol. 15, no. 2, pp. 173–186, 1992.
- [5] FAO. Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture. No. 18. Rome, pp. 606, 2012.
- [6] Berraho.A, *Relations spatialisées entre milieu et ichtyoplancton des petits pélagiques de la côte atlantique marocaine (zones centrale et sud)*, thèse Doc. Univ. Mohamed V, 2007.
- [7] H.Belvèze, "influence des facteurs hydro climatiques sur la pêche marocaine de petit pélagiques cotiers.pecheris Ouest Africaines," *ED. ORSTOM*, pp. 209-233, 1991.
- [8] M. Krzeptowski, "Estimations of some parameters of the sardine population in the Sahara Coastal Division," *FAO Fish*, pp. 77-81, 1976.
- [9] A.R. Coley, P.Clabburn, "GIS visualization and analysis of mobile hydro-acoustic fisheries data: a practical example," *Fish. Manage. Ecol.* 12, pp. 361-367, 2005.
- [10] T. Nishida, and D. Chen, "Incorporating spatial autocorrelation into the general linear model with an application to the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) longline CPUE data," *Fish. Res.*, pp. 265-274, 2004.
- [11] H. Akaike, "A new look at statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control," *AU-19*, pp. 716-722, 1974.
- [12] P. McCullagh, and J. Nelder, "Generalized Linear Models," *chap-man and Hall*. London, 1989.
- [13] K. AMENZOU, F. FERHAN-TACHINANTE, A. YAHYAOU, A. H. MESFIOU, and S. KIFANI, " Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune, " *Bulletin de l'Institut Scientifique, Maroc*, pp. 43-50, 2005.

The Behavioral Intention to Implement Sustainable Waste Management on Primary School Students in City of Padang, Indonesia

Aria Gusti¹, Bernard Isyandi², Syaiful Bahri², and Dedi Afandi²

¹Department of Environmental Health,
Faculty of Public Health, Andalas University,
Padang, West Sumatera, Indonesia

²Doctoral Program in Environmental Sciences,
Riau University, Pekanbaru, Riau, Indonesia

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study examined the behavioral intention to implement sustainable waste management on primary school students by using the framework of the Theory of Planned Behavior. The purpose of this study was to determine the factors associated with the behavioral intention to implement sustainable waste management. Population and sample in this study were primary school students in city of Padang, West Sumatera, Indonesia. The data collected for this study were analyzed using structural equation modeling. The results of this study stated that the knowledge of the sustainable waste management has a significant relationship with the attitudes towards the sustainable waste management behavior. Attitudes towards the sustainable waste management behavior, subjective norms, and perceived behavioral control also had a significant relationship with the behavioral intention to implement sustainable waste management. This study has helped in understanding the relative strength of the determinants of the behavioral intention to implement sustainable waste management. The biggest strength is the relationship between the perceived behavioral control and the behavioral intention, followed by the relationship between subjective norm and the behavioral intention, and the weakest were the relationship between attitude and the behavioral intention. These findings have important implications for the school as well as for policy makers.

KEYWORDS: Intention, Behavior, Sustainable, Waste, Management.

1 INTRODUCTION

International Global issues with respect to the future of urban areas one of them is municipal solid waste. The amount of waste as one of the important products of urban lifestyle, growing faster than the numbers of urbanization. Ten years ago there were 2.9 billion urban population generates 0.64 kg of waste per person per day (0.68 billion tons per year). Currently, the number of urban population has increased to about 3 billion people who produce 1.3 billion tons of waste per year. It is estimated that in 2025 the urban population will increase to 4.3 billion people and produced 2.2 billion tons of waste per year [1]. Then the future will be needed very large budget to improve waste disposal and treatment facility.

Waste that is not maintained properly not only have a negative impact on the natural environment, but also to the quality of human health [2]. Locally, waste is not collected contribute to flooding, air pollution and public health impacts such as respiratory diseases, diarrhea, and dengue fever [1]. A total of 80 percent of the spread of illness in the community in developing countries is believed to be associated with poor urban waste management system [3]. Residents around the landfill in Sierra Leone suffer from diseases such as malaria, chest pain, diarrhea and cholera [4]. This is by itself become an additional problem for the population in developing countries are still struggling with a lack of clean water and food availability.

Sustainable Waste Management (SWM) stressed the need for a fundamental change of paradigm in waste management, from paradigm of collected-transported-disposed into paradigm of SWM which is based on waste reduction and waste handling. SWM is considered as an effective measure to reduce the cost of collecting, transporting, and disposing of waste [5]. SWM behavior is defined as efforts to reduce waste (reduce), reusing waste that is suitable to be used (re-use), recycling, and convert the waste into energy source (waste to energi).

Understanding and explain the SWM behavior can use the psychological theory approach on the relationship of attitudes and behaviors, especially a theory that can predict behavior. Theory of Planned Behavior (TPB) developed by Ajzen [6] widely applied to explain the intention of which is the nearest antecedent of behavior, that the intention or the intention of a person to be a determinant of whether someone will do or not do certain behaviors.

According to Ajzen [6], the behavioral intention to implement SWM is measured through three determinants. The first determinant related to the individual's attitude towards SWM behavior, The second determinant with regard to how much the perceived social pressure to implement such behavior (subjective norm), and third determinant related to the perception of its controls in relation to the such behavior are referred to as perceived behavioral control (PBC).

Cheung et al [7] in his research stating determinant factors of the TPB was significantly able to predict the behavior of waste-paper recycling at students in Hong Kong. While Chaisamrej [8] states determinant of TPB, especially the PBC and the subjective norm is a potential predictor of paper recycling. However, the attitude is not a potential predictor of intention to behave paper recycling in Thailand but being a predictor in the US.

Padang as the largest city in West Sumatra, Indonesia facing the problem of waste that needs serious handling, which waste generation continues to increase every year. Based on previous studies reference the average urban waste generation is 0.0035 m³ / person / day, equivalent to 0.9 kg / person / day. In 2013 with a population of 871 534 people are estimated daily amount of waste in the city of Padang reached 3.050 m³ (784 tons), while only 400 tons / day (51%) of the generated waste can be transported to the landfill. Waste that has not been transported generally accommodated in a temporary disposal container which is located on the edge of the road, the angle fork in the road or a particular road. That condition can lead to negative impacts on the environment, because it creates unpleasant odors, reduce the smoothness of traffic, reducing the beauty of the city, it can even become disease.

SWM behavior should be the concern of everyone, from children to adults, rich or poor. The establish of a SWM behavior in primary school student that oriented to sustainable development can be a role model for the SWM behavior in the family and the environment. The relationship between attitudes, subjective norms, and PBC with the behavioral intention to implement SWM and the relationship of knowledge about SWM with the students attitude towards SWM is a problem that want to be obtain the answered in this study.

2 METHOD

This study used survey method with cross sectional design in which data is collected throughout the study variables at the same time. The study was conducted in the city of Padang in August to December 2014. Population is a state primary school students in the city of Padang, amount to 77,406 students. The number of samples in this study were 400 students who calculated the proportion of the hypothesis test formula. Sampling technique with multistage random sampling.

There are five variables used, such as knowledge, attitude, subjective norm, PBC, and intention. Data collection was conducted by questionnaire and interview. Inferential analysis in this study using Structural Equation Modeling (SEM). SEM are statistical techniques that allow testing of a relatively complex set of relationships simultaneously [9]. SEM is a combination of factor analysis and regression analysis and applied separately in the factor analysis (Confirmatory Factor Analysis) or simply regression analysis [10]. Results of the analysis are interpreted and then concluded in accordance with the purpose of the study and were given advice.

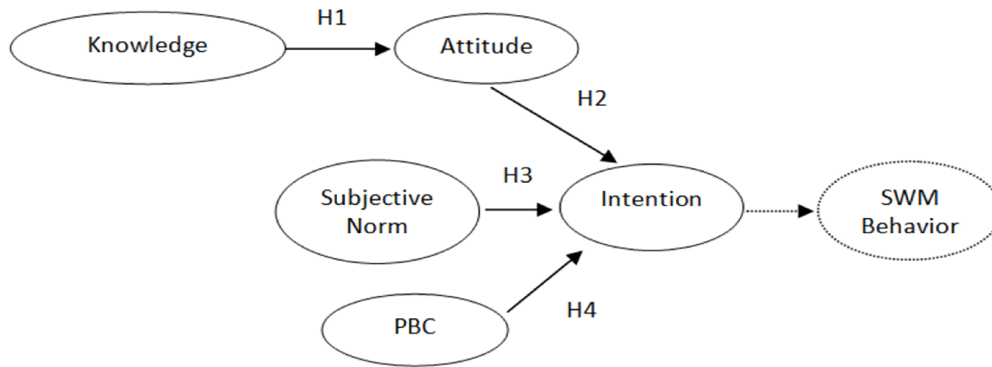


Figure 1 : Showing The Conceptual Framework of Study

In accordance with the purpose, this study measuring the variables of the TPB to understand the behavioral intention to implement SWM using SEM. First of all, this study examined the relationship between knowledge about SWM with the students' attitude towards the SWM behavior (Hypothesis 1). Furthermore, this study analyzed the relationship between attitude and the behavioral intention (hypothesis 2), subjective norm and the behavioral intention (hypothesis 3), and PBC and the behavioral intention (hypothesis 4) as shown in figure 1.

3 RESULT

A total of 400 respondents from four primary schools in the city of Padang participated in this study. 54.5% of respondents were female and 45.5% male. 80% of respondents came from the eco schools and 20% more not from the eco schools.

3.1 MEASUREMENT MODEL

Comparative analysis in this study follows the steps of SEM. Before forming Full Model of SEM, first testing the indicators that form each variable. Testing was done by using confirmatory factor analysis (CFA), which is used to test the validity and reliability of latent variables and indicators.

Table 1 shows the loading factor value for all items forming latent variables more than 0.5. This means that all indicators of these variables together present a unidimensional for each latent variable [10]. All of the Cronbach's Alpha (CA) values receipts exceed the limit of 0.7, and so does all of the variances extracted (VE) values acceptance limit of 0.5 [11]. Furthermore, based on confirmatory factor analysis, all of latent variables together all the indicator can be used for further analysis without any modifications or adjustments.

Table 1. Loading Factor, Cronbach's Alpha dan VE

Variable	Indicator	Loading Factor	Cronbach's Alpha	Varians Extract (VE)
Knowledge	Knowledge about reduce	0,742	0,83	0,56
	Knowledge about reuse	0,648		
	Knowledge about recycle	0,616		
	Knowledge about waste to energy	0,753		
Attitude	Waste can be processed and sold	0,638	0,90	0,64
	Make a narrow	0,782		
	Take time to learn	0,775		
	Requires a lot of people	0,640		
	School uniforms get dirty	0,766		
Subjective Norm	Teacher	0,880	0,92	0,70
	Head Master	0,817		
	Friends that discipline	0,688		
	Parents	0,766		
	School Guard	0,618		
PBC	Tools and materials are inadequate	0,663	0,84	0,56
	There is no special place for activities	0,605		
	There are no specific learning	0,621		
	trash bin are smelly and dirty	0,753		
Intention	Intention to reduce	0,730	0,89	0,66
	Intention to re-use	0,794		
	Intention to recycling	0,711		
	Intention to convert the waste to energy	0,730		

3.2 STRUCTURAL MODEL

SEM analysis was tested using AMOS 22 with maximum likelihood estimate (MLE). The test results are full model fit index showed sufficient conformity between the conceptual models with data obtained from the study as shown in Table 2. Value of Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA), the absolute measure of the fit index parameters, equal to 0.06 within the tolerance limit of 0.08 [11]. The value of goodness of fit index (GFI) was 0.91 indicating acceptance within the tolerance limit of 0.90 [11]. Ratio of chi-square (χ^2) and degrees of freedom (cmin / df) of 2.27 was obtained slightly above the cut-off value recommended [11]. In technical terms, these results suggest that there are no problems with the structural model. This means that this model can explain the intentions of SWM behavior in primary school students.

Table 2 : Goodness-of-Fit Test Index

Goodness of Fit Index	Cut off Value	Test Result	Evaluation
Chi Square	expected to be small	447,53	Marginal
Cmin/Df	≤ 2.00	2,27	Marginal
GFI	≥ 0.9	0,91	Good
TLI	≥ 0.95	0,92	Marginal
CFI	≥ 0.95	0,93	Marginal
RMSEA	≥ 0.08	0,06	Good

Results of analysis using the t test for regression weight generated by the model are presented in Table 3. All value of critical ratio (CR) which is identical with the t value in t-test > 1.96 . This indicates received the whole model hypothesis in this study, which means that there is a relationship between knowledge and attitude and there is a relationship between attitude, subjective norm, and PBC with the behavioral intention.

Table 3 : Summary of Structural Model

Related			Standardized Estimate	CR	p-value
Attitude	<---	Knowledge	0,38	5,02	0,000
Behavioral Intention	<---	Attitude	0,19	3,61	0,000
Behavioral Intention	<---	Subjective Norm	0,23	4,00	0,000
Behavioral Intention	<---	PBC	0,40	5,96	0,000

4 DISCUSSION

Results of this study stated that knowledge of SWM associated and contribute positively with attitudes towards SWM. These results are consistent with theoretical assumptions of TPB [6] and in line with the findings obtained by Ramayah et al [12] which explores the behavior of environmentally conscious recycling by using the TPB.

These results are also consistent with the studies of Kumar [13] which states that environmental knowledge related to attitudes towards environmentally friendly products. Communication and education efforts to increase knowledge of the issues associated with environmental concerns has been effective in encouraging behavioral dispositions that are considered good for the natural environment [14]. The results also support the findings of Cheung et al [15] that the general knowledge about the environment can significantly predict the behavior of paper recycled. However, different results reported by Chaisamrej [16] that the knowledge about recycling fails to be predictors of intention and recycling behavior in students in Thailand and the United States.

Knowledge about SWM is measured by five indicators consisting of knowledge about reducing waste, reusing waste, recycling waste and convert the waste into energy. The findings of this study states the better the students' knowledge, the better the students' attitude towards SWM. Need intensive and sustained effort from the schools to increase students' knowledge of SWM by including it as heavies in the curriculum of environmental education in schools.

Results of this study stated that the attitude towards SWM associated and contribute positively with the behavioral intention to implement SWM. These findings are consistent with theoretical assumptions in the TPB (6) that attitude is a determinant factor of intention. These results are also consistent with the results obtained with the same relationship and the same direction in the study reported by Chan and Lau [17] which stated attitude has a positive relationship with the intention to buy environmentally friendly products. Ramayah et al [12] in the results of his research on university students concluded that attitudes have a significant impact on recycling behavior. Similar results were also reported by Kumar (11), which examines the behavior of buying environmentally friendly products stating that attitude has a significant relationship with the intention to buy environmentally friendly products.

Attitudes towards SWM is measured by five indicators as elicitation results. Students are asked to comment in the range of strongly disagree to strongly agree to a positive statement is that sustainable waste management makes waste can be processed and sold. As for the negative statement, the students asked to comment in the range of strongly agree to strongly disagree with the statement that SWM make the place into a narrow, time-consuming to learn, requires a lot of energy, and causes school clothes become dirty. More and disagree with the statement the higher the students intention to implement SWM behavior. The attitude of the students who do not agree with negative statements about SWM can be used as motivation for students so that SWM becomes fun activity.

Results of this study stated that the subjective norm associated and contribute positively with the behavioral intention to implement SWM. Subjective norm which refers to perceived social demands to perform or not perform certain behaviors found influence and contribute positively to the intention to implement SWM behavior in this study. These results are consistent with the theoretical assumptions of the TPB (6) which states that the subjective norm as the determinant factor to apply or not to apply certain behaviors. These results are in line with the findings of previous research that states that subjective norm has a significant relationship with the intention as reported by previous researchers [13,15,16]

The findings of this study based on the results of elicitation and validity and reliability stating there are five valid indicator for assessing subjective norm which is the people who are considered may affect students in applying or not applying SWM behavior at school. These people are classroom teachers, headmaster, friend whose discipline and good behavior, their parents and school guard. School management and policy makers can take advantage of their potential to improve the students' intention to implement SWM behavior.

Results of this study stated that the PBC associated and contribute positively with the behavioral intentions to implement SWM. These findings support the assumption in the TPB [6] that the intention is influenced by subjective norms. These results are consistent with the results of Kumar. which states PBC has a significant relationship with the intention to buy environmentally friendly products. These results are also consistent with the findings Mahmud and Osman [18] which showed that the PBC has a positive and significant influence on behavioral intention of recycling. Similar results were also reported by Chaisamrej [16] that the PBC affects the behavior intention of recycling paper. Cheung et al [15] also stated PBC relate to the behavior of waste-paper recycling.

PBC has the most contributed to the behavioral intention to implement SWM, followed by the subjective norm and the lowest contribution is the attitude towards the SWM behavior. PBC is a consideration factors for the students that facilitate or inhibit themselves to implement SWM behavior. There are four indicators used to measure the PBC which tools and materials are inadequate, there is no special place to implementation of recycling activities at school, the lack of specific learning about SWM, and trash cans were smelly and dirty. School management and policy makers in the basic education sector should make a rational consideration of these findings as to improve students intention to apply SWM behavior.

Overall the model that uses the framework of TPB capable of explaining intention of SWM behavior with good approach with simple and adequate way for developing countries like Indonesia. Eligibility of the theory of planned behavior is consistent with the findings of Kumar [13] and Ramayah et al [12]. There is a scarcity of research that studies the relationship of environmental knowledge with attitudes towards environmental issues in the context of Indonesia although the same thing has been studied in other geographical conditions such as by Kumar [13] in India and Ramayah et al [12] in Malaysia. The study also managed to fill this gap.

5 CONCLUSION

This study uses a framework of TPB to investigate the behavioral intention to implement SWM on primary school students and its determinant factors. It is found that the better knowledge on SWM will be better attitudes towards SWM behavior. The better attitude towards SWM behavior the better the students' behavioral intention to implement SWM. Subjective norms as a reflection of social pressure from the people who are considered influential on students to apply or not to apply SWM behavior associated and contribute positively with the behavioral intention to implement SWM. PBC which is the perception of the ease or difficulty to implement SWM behavior are associated and contribute positively with the behavioral intention to implement SWM. The findings of this study support the concept of the TPB by adding constructs knowledge as a background's factor of formation of attitudes. Structural model of the behavioral intention to implement SWM on Primary school students in the city of Padang has good psychometric value (valid, reliable, and modeling fit).

The study provides a theoretical and practical implications of how attitudes, subjective norms, and PBC affects the behavioral intention to implement SWM. In efforts to implement SWM behavior on primary school students local governments should pay attention to the determinant of the behavioral intention to implement SWM and their former indicators.

The Measuring tools of the behavioral intention to implement SWM and its determinant factors on primary school students in the city of Padang can be used by policy makers to assess the factors that influence of implementing the SWM behavior in a practical, economical, valid and reliable. Other researchers can develop a structural model of the behavioral intention to implement SWM by adding other indicators that could theoretically affect the determinants of the behavioral intention such as race or ethnicity.

ACKNOWLEDGMENT

Our thanks goes to all those who have helped this research. Particularly to teachers at State Primary School (SDN) 03 Alai Timur, SDN 17 Gunung Pangilun, SDN 10 Sungai Sapih, and SDN 44 Kalumbuk.

REFERENCES

- [1] World Bank, *What A Waste : A Global Review of Solid Waste Management*, Washington, DC, 2012.
- [2] Miller G, *Living in The Environment : Solid and Hazardous Waste*, (Vol 13, Ch), Pasivic Grove, USA: Brookes/Cole Thomson, 2004
- [3] Selin E, *Solid waste management and health effects - A qualitative study on awareness of risks and environmentally significant behavior in Mutomo , Kenya*, UMEA Universitet, 2013.
- [4] Sankoh FP, Yan X, Tran Q., "Environmental and Health Impact of Solid Waste Disposal in Developing Cities : A Case Study of Granville Brook", *Journal of Environmental Protection*, 2013(July), 665–670, 2013
- [5] Apinhapath C, "Community Mapping and Theory of Planned Behavior as Study Tools for Solid Waste Management", *Journal of Waste Management*, 2014, 1–8, 2014
- [6] Ajzen I, "The theory of planned behavior," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol 50, 179-211, 1991.
- [7] Cheung SF, Chan DKS, Wong ZSY., *Reexamining the Theory of Planned Behavior in Understanding Wastepaper Recycling. Environment and Behavior*, doi:10.1177/00139169921972254. 1999.
- [8] Chaisamrej R, *The Integration of The Theory of Planned Behaviour, Altruism, and Self-Construal: Implications for Designing Recycling Campaigns in Individualistic and Collectivistic Societies*, University of Kentucky, Lexington, Kentucky. 2006.
- [9] Santoso S, *Konsep Dasar dan Aplikasi SEM dengan AMOS22*, Jakarta: PT Elek Media Komputindo, 2014
- [10] Ferdinand A, *Structural Equation Modelling dalam Penelitian Manajemen*, Semarang: Badan Penerbitan Universitas Diponegoro, 2002.
- [11] Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL., *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall (p. 816), 2009.
- [12] Ramayah T, Lee JWC, Lim S., "Sustaining the environment through recycling: An empirical study," *Journal of Environmental Management*, 102, 141–147, doi:10.1016/j.jenvman.2012.02.025, 2012.
- [13] Kumar B, *A Theory of Planned Behaviour Approach to Understand the Purchasing Behaviour for Environmentally Sustainable Products*, Indian Institute of Management, 2012.
- [14] Sidique SF, Joshi SV, Lupi F., "Factors influencing the rate of recycling: An analysis of Minnesota counties," *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 242–249, 2010.
- [15] Chan RYK and Lau LBY., "Explaining Green Purchasing Behavior : A Cross-Cultural Study on American and Chinese Consumers." *Journal of International Consumer Marketing*, 14, 9–40. doi:10.1300/J046v14n02. 2001.
- [16] Mahmud SND and Osman K., "The determinants of recycling intention behavior among the Malaysian school students: an application of theory of planned behaviour." *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 119–124. doi:10.1016/j.sbspro, 2010.

Connaissance endogène et utilisations du *Moringa oléifera* pour les populations autochtones de huit départements du Bénin

[Endogenous knowledge and applications of *Moringa oleifera* for indigenous peoples from eight departments of Benin]

Cherif Alidou, Adam Salifou, Fidèle P. Tchobo, and Mohamed M. Soumanou

Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire (URGEA), Département de génie de Technologie Alimentaire, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01BP 2009 Cotonou, Bénin

Copyright © 2015 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: *Moringa oleifera* from India in the valleys south of the Himalayas, is a tree species with multiple virtues, now present in tropical and subtropical areas. The present study focuses on the endogenous knowledge and importance of *Moringa oleifera* in eight departments (Atlantic Coastline Ouémé, Plateau, Couffo, Collines, Donga and Borgou) of Benin. This study was conducted on a sample of 203 people from 14 socio-cultural groups, leading actresses of the processing and consumption of products of this plant. Surveys and prospecting revealed the presence of this species in all villages and neighborhoods traveled and have identified 31 uses that essentially medicinal, therapeutic, nutritional and other properties for various organs and products of the plant. Leaves were used by the consumers as vegetables and powder forms; the treatment of asthma by producing leaves, seeds and roots and manufacture of anti-malarial products are common practices of 14 ethnic groups. The leaf is the most sought part used by the people (51.2%), followed by seeds (24.3%), roots (13.2%), bark (8.5%) and finally flowers that are marginal at 2.8%. The main dietary uses of the plant is limited in the powder of the leaves, sauce of recent form vegetable leaves, salad leaves with peanut paste or seasoned rice.

KEYWORDS: Endogenous knowledge, *Moringa oleifera*, indigenous people, Benin.

RESUME: Le *Moringa Oleifera* originaire de l'Inde, dans les vallées au Sud de l'Himalaya est une espèce d'arbre à vertus multiples, aujourd'hui présent dans les zones tropicales et subtropicales. La présente étude porte sur les connaissances endogènes et importance du *Moringa oléifera* dans huit départements (Atlantique, Littoral, Ouémé, Plateau, Couffo, Coline, Donga et Borgou) du Bénin. Cette étude est réalisée sur un échantillon de 203 personnes issues de 14 groupes socioculturels, actrices principales de la transformation et la consommation des produits de cette plante. Les enquêtes et prospection ont révélé la présence de cette espèce dans tous les villages et quartiers parcourus et ont permis de recenser 31 utilisations dont essentiellement des vertus médicinales, thérapeutiques, alimentaires et autres pour les différents organes et produits de la plante. La consommation des feuilles sous forme légume et sous forme de poudre ; le traitement de l'asthme par les produit des feuilles, des graines et des racines et la fabrication des produits anti paludiques sont des pratiques communes des 14 groupes ethniques. La feuille représente la partie la plus recherchée par les populations (51,2%), suivie des graines (24,3%), des racines (13,2%), de l'écorce (8,5%) et enfin des fleurs qui sont marginales avec 2,8%. Les principales utilisations alimentaires de la plante se limitent en la poudre des feuilles, la sauce de ces dernières sous forme légume feuilles, la salade des feuilles avec la pâte d'arachide ou du riz assaisonné.

MOT-CLEFS: connaissance endogène *Moringa oléifera*, populations autochtones, Bénin.

1 INTRODUCTION

Originaire des piémonts himalayens, et plus particulièrement de l'Uttar Pradesh (Nord de l'Inde), *Moringa Oleifera* est une espèce de petit arbre pouvant mesurer jusqu'à 10 mètres de hauteur et est maintenant acclimaté dans presque toutes les régions tropicales [1]. Cette plante est d'usage assez courant en médecine populaire et en alimentation dans les sociétés africaines et asiatiques. Elle est passée en une décennie du statut de plante marginale, voire inconnue, à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique pour les pays du Sud. C'est un arbre à croissance et à repousse rapide après émondage [2], [3] et qui a la capacité de produire de grandes quantités de biomasse fraîche par mètre carré. Il s'adapte aux précipitations annuelles de 250 à 1500 mm voir au-delà de 3000 mm [4]. En système intensif, sur un sol sablonneux à 30 m d'altitude avec une pluviométrie de 1300 mm, il produit jusqu'à 650 t/ha de matière verte. Le rendement en matière sèche est élevé, 4,2 à 8,3 tonnes/ha lorsqu'il est récolté tous les 40 jours [5], [6], [7]. Il préfère une altitude inférieure à 600 m, mais peut supporter des variations de plus de 1000 m au dessus du niveau de la mer [3]. Plusieurs travaux ont mis en évidence les qualités nutritionnelles exceptionnelles des feuilles *M. oleifera* qui sont utilisées dans l'alimentation en Asie et en Afrique [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Faciles à produire et très riches en protéines, vitamines et minéraux, elles sont de plus en plus utilisées dans des projets luttant contre la malnutrition [34]. En effet, des études ont montré l'efficacité de ces feuilles dans la prévention, la correction de la malnutrition et les maladies associées bien qu'elles contiennent des facteurs antinutritionnels tels que les phytates et les oxalates [10], [11], [15], [16]. Elles constituent un complément alimentaire pour les sujets malnutris en raison de leur richesse en protéines, vitamines et sels minéraux puis joue un rôle important dans la prise en charge des sujets vivant avec le VIH/SIDA tant que fortifiant et stimulant de leur système immunitaire [10], [12], [15], [16], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28]. De nombreuses vertus thérapeutiques sont attribuées à *Moringa oleifera* qui est utilisé en médecine traditionnelle pour le traitement de maladies métaboliques, inflammatoires, infectieuses, parasitaires, du cancer et aussi pour la purification de l'eau [29], [10], [12], [15]. Or la majorité des parents ne parvient pas à combler l'insuffisance nutritionnelle des enfants par manque de moyens et par la mauvaise maîtrise de l'utilisation des ressources naturelles disponibles, ce qui entraîne la pérennisation de la malnutrition [30]. Les enfants sont les plus souvent victimes des maladies dues aux carences en éléments nutritifs telles que l'avitaminose, le kwashiorkor, le marasme, bref de toute sorte de maladies liées à la malnutrition dont la conséquence ultime est la mort. Tandis que chez les adultes, ce manque d'élément nutritif peut entraîner un manque d'énergie pour le travail ; l'amaigrissement et une vulnérabilité aux maladies. Vu l'importance nutritionnelle de cette plante, toute recherche visant à accroître sa valeur et sa disponibilité, offre plus d'opportunités pour les ressources agricoles et forestières en vu de la survie des communautés rurales. Et tout ceci doit être précédé d'une investigation visant à la mise au point de l'état des lieux sur les connaissances, l'importance et l'utilisation de cette plante par les communautés. Au Nord-Cameroun Quatre-vingt quinze pour cent (95%) des enquêtés de la ville de Maroua connaissent le *Moringa* et 93,4% de ces derniers utilisent les feuilles [30]. Elles sont principalement utilisées comme aliment par les populations de la ville de Maroua sous forme de sauce. Soixante deux pour cent (62,29%) des ménages se ravitaillent en feuilles dans les marchés quotidiens. Les jardins de case sont aussi les lieux par excellence de ravitaillement des ménages. Concernant les vendeurs détaillants de légumes-feuilles, 63,33% vendent les feuilles de *Moringa*. Quarante trois pour cent (43,33%) des vendeurs-détaillants de *Moringa* sont ravitaillés par les grossistes (maraîchers) venant des zones périurbaines et 18,33% dans les jardins de cases. Les vendeurs-détaillants (51,66%) pensent que la vente des feuilles de *Moringa* est rentable et même 26,66% de ces derniers affirment qu'elle est deux fois plus rentable que celle des autres légumes-feuilles. Quant aux racines, 60,64% les utilisent et moins de 2% utilisent les graines. Ces deux parties sont plus utilisées comme médicament en pharmacopée traditionnelle [30]. Au Bénin il existe très peu de données scientifiques mettant en exergue le niveau d'utilisation et les connaissances endogènes du *Moringa oléifera*. Ce présent travail trouve alors son importance de part son objectif qui est de recenser les utilisations et importance du *Moringa oléifera* selon certains groupes socioculturels appartenant à huit départements du Bénin.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE DES ENQUÊTÉS

Cette étude a été précédée d'une prospection des départements du Bénin, ce qui a permis de déterminer le niveau de production et d'utilisation du *Moringa oléifera*, afin de définir 18 localités d'investigation réparties dans huit départements (Atlantique, Littoral, Ouémé, Plateau, Couffo, Coline, Donga et Borgou). La taille d'échantillon des enquêtés est déterminée suivant la formule : $Ni = 4Pi(1-Pi)/d^2$ [31], [32] où :

Ni = nombre total d'individus à enquêter dans la localité i

Pi = taux d'individus (connaissant l'arbre) obtenu au cours de la prospection dans le département i

d = Marge d'erreur fixée à 0,05.

Ainsi avec cette formule, 21 enquêtés sont sélectionnés dans le Littoral, 40 dans l'Atlantique, 35 dans l'Ouémé, 18 à Plateau, 21, 19, 35 respectivement dans le Couffo, les collines et le Borgou, soit un total de 203 enquêtés dans les huit départements. Le nombre d'enquêtés de chaque localité est obtenu en se basant sur l'effectif de la population de cette localité par la formule : $T_j = N_{ij} \times X_j / X$ où :

T_j = nombre à enquêté dans la localité j

N_{ij} = nombre total d'enquêtés dans le département i contenant la localité j

X_j = effectif de la localité j

X = population totale des localités parcourues dans le département i

2.2 COLLECTE DES DONNEES ET ANALYSE

Les données sur la connaissance, la consommation ou l'utilisation des différents produits de *Moringa oléifera* ont été collectées principalement auprès des personnes autochtones des localités et détentrices des pieds de *Moringa oléifera*. Le questionnaire composant la fiche d'enquête est axé essentiellement sur la connaissance de l'espèce, les usages des différents organes de l'arbre et des produits résultant de la transformation des feuilles.

Les fiches d'enquêtes ont été dépouillées, encodées et les données analysées par le logiciel Sphinx plus 2 Minitab.

3 RÉSULTATS

3.1 PERCEPTION DU *MORINGA OLEIFERA* SELON LES ETHNIES

Le *Moringa oléifera* est une espèce connue de toutes les populations des zones d'étude. Le **tableau 1** résume les différentes appellations du *Moringa* en fonction des ethnies.

Tableau1 : Quelques noms locaux du *Moringa oléifera*

Ethnies	Nom du <i>Moringa oléifera</i>	Traduction
Yom	Tébaoun	Tranquillisant
Nago	Agnéré-ognibo	Néré du blanc
Ani	Yofao-gassokemi	-
Lokpa	Lotaha	-
Fon	Kpatima	Arbre de palissade
Idatcha	Linglèdi	-
Wama	Yorukumuffa	-
Mina	Pkadovigbé	Arbre de palissade
Goun	Kpatima-finifini	Arbre de palissade à petites feuilles
Boo	Woossola	-
Bariba	Wogui, mobabo, yoru-yara, woundiounda	-
Pheul	Mobabo, djogalah	-
Aizo	Kpatima	Arbre de palissade
Adja	Kpatchima	Arbre de palissade

Il ressort de ce tableau que certaines ethnies désignent le *Moringa oléifera* dans la langue locale par un nom propre, cependant d'autres le désignent par un nom significatif. En effet, la plupart des appellations signifient <<arbre de palissade>>. Les yoms et nagos l'appellent respectivement tébaoun et agnéré-ognibo signifiant respectivement tranquilisant et néré du blanc. Le **tableau 2** présente le nombre moyen de pieds de *Moringa oléifera* par ménage dans chaque département.

Tableau2: Profil de répartition du *Moringa* dans les ménages

Department	Commune	Nombre moyen de pieds de <i>Moringa</i> par foyer enquêté
Litoral	Cotonu	7
Atlantique	Hèvié, Akassato, Toffo, Abomey-Calavi	6
Ouémé	Adjara, Avrankou, Porto-Novo	3
Plateau	Adja-ouere, Sakété	5
Couffo	Lalo, Koutimè	7
Collines	Dassa-Zoumé, Glazoué	6
Donga	Djougou, Ouaké, Bassila	13
Borgou	Parakou, Tchaourou, N'dali	9

Il ressort de ce tableau que le nombre moyen de pieds de *Moringa* par foyer dans les départements vont de 3 à 13. Les plus grandes valeurs de ce paramètre qui sont 9 et 13 pieds par foyer sont observées respectivement dans les départements de Borgou et la Donga, par suite viennent le Littoral et le Couffo qui présentent les mêmes valeurs (7 pieds par foyer enquêté), suivi de l'atlantique et les Collines (6 pieds par foyer), du Plateau (5 pied par foyer) et enfin l'Ouémé qui a plus petite valeur (3 pieds par foyer).

3.2 IMPORTANCE DU *MORINGA OLEIFERA* DANS LOCALITES ENQUETÉES

3.2.1 USAGES DES DIFFÉRENTS ORGANES DU *MORINGA OLEIFERA*

Les fréquences d'utilisation des organes et produits de *Moringa* issues de toutes les opinions exprimées par les 203 enquêtés montrent que les feuilles viennent en première position avec 51,2% des opinions suivies des graines (24,3%) des racines (13,2), de l'écorce (8,5%), et enfin des fleurs (2,8%). Le tableau 3 présente les différentes utilisations des organes du *Moringa oléifera* selon les 14 groupes ethniques rencontrés.

Tableau 3: Différentes utilisations du *Moringa oléifera* et en fonction des groupes socioculturels.

Utilisations	Organes	Groupes ethniques													
		Yom	Nago	Ani	Lokpa	Pheul	Idacha	Wama	Bariba	Boo	Goun	Mina	fon	Aizo	Adja
Feuilles consommées comme légume feuille	F(97,4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feuilles consommée sous forme de poudre	F(68,7)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Traitement de l'asthme	F(64,5), G(10,3%), R(34)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Produit Anti paludique	F(75,9), Fr(15)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Traitement du diabète	F(43,3), G(33), fr(40,4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Traitement de l'ulcère Gastrique	F(35), G(12,3)	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Fatigue	F(11,8)	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Produit fébrifuge	F(9,9)	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
Prise en charge des PVIH	F(11,8)	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Lutte contre l'anémie	F(14,8)	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Tension	F(17,2), G(80,8)	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+
Fièvre typhoïde	F(12,8)	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-

Facilité de la digestion	G(15,3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Constipation	G(44,3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Maux de ventre	G(3,4)	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epathite	F(32,1),G(12,3)	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
Engine	G(6,9),R(36)	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Déparasitant	F(21,3),E(22,7),G(21,3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Cicatrisation des blessures	E(20,2)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+
Lutte contre la Sinusite	E(11,8),R(35,5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Produit Anti rhume	R(37,4)	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-
Produit anti cari dentaire	R(12,3)	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Produit anti goitre	R(36)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
Lutte contre les palpitations et maladies du cœur	F(12,4)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
Lutte contre les troubles de foie, de reins	F(14,2)	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Kyste, fibrome, myome	F(31,4)	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-
Lutte contre l'obésité, malnutrition	F(35,2)	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-
Lutte contre les troubles liés à la drépanocytose	F(28,4)	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Lutte contre le rhumatisme, goutte	F(25,3)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+
Traitement de l'eau	G(7,5)		+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-

E= écorce de Moringa ; F= feuilles de Moringa, Fr=fleure de Moringa ; G= graine de Moringa ; R= racine de Moringa, + : utilisé, - : non utilisé

Six utilisations à savoir : la consommation des feuilles sous forme légume feuille et sous forme de poudre ; le traitement de l'asthme par les produit des feuilles, des graines et des racines et la fabrication des produits anti paludiques sont communes à tous les groupes ethniques. Des utilisations médicinales ou thérapeutiques pratiquées en commun par tous les groupe ethniques, la fabrication des produits anti paludiques par l'utilisation des feuilles est la plus pratiquée par les enquêtés (75,9% des enquêtés). Le traitement de l'asthme vient en second lieu avec des taux de réponse de 64,4, 10,3 et 34,5% par l'utilisation respective des feuilles, des graines et des racines de la plante. Les Yoms et Nagos utilisent en commun les feuilles ou graines pour traiter l'ulcère gastrique, les feuilles pour lutter contre la fatigue et calmer les fièvres. Hormis les Gouns, Fons, Minas, Adja et Aizo, la facilitation de la digestion par les feuilles, les fleurs, la fabrication de produits anti constipation par l'utilisation des graines, les produits déparasitant par l'utilisation des feuilles, écorce et racines sont des pratiques communes aux autres ethnies. Par ailleurs les Yoms, Nagos, Lokpas, Pheuls , Baribas et Boos se servent de l'écorce ou des racines pour lutter contre la sinusite, de l'écorce pour la cicatrisation des blessures, des racines pour fabriquer les produits anti cari dentaire, anti goitre et anti rhume puis des feuilles pour empêcher les palpitations et les maladies du cœur. Les autre parties de la plantes sont aussi considérées par les populations surtout celles du Nord.

3.2.2. Description du procédé d'obtention des plats à base des feuilles de *Moringa oléifera* et leur fréquence de consommation suivant les groupes ethniques

La transformation des feuilles pour des fins de consommation se fait suivant différents procédés. Il s'agit essentiellement de la sauce simple des feuilles, de la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa*, du couscous de riz aux feuilles de *Moringa* de la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa*, de la salade des feuilles de *Moringa* et enfin de la Poudre des feuilles de *Moringa*. Le **tableau 4** présente les différents procédés de production de ces produits à base des feuilles de *Moringa* suivi de leur fréquence de consommation.

Tableau 4: Description du procédé de fabrication de quelques produits alimentaires à base des feuilles de *Moringa oléifera*

Quelques Produits à base des feuilles de <i>Moringa</i>	Description du procédé	Fréquemment	Régulièrement	Occasionnellement	Rarement
Sauce simple des feuilles	A ₁ La sauce est obtenue en lavant les feuilles après effeuillage, les faisant cuire avec du sel, par suite l'égouttage, l'émiettage et le mélange avec du bouillon feu doux. (54,7)	15,5	78,3	5,2	1,0
	A ₂ Elle est obtenue par lavage, séchage au soleil des feuilles après effeuillage, par suite l'émiettage puis le mélange avec du bouillon au feu doux. (28,8)				
	A ₃ Obtenue en procédant par le lavage des feuilles après effeuillage, le blanchiment, le séchage au soleil, l'émiettage et fin le mélange avec du bouillon au feu doux. (16,5)				
Sauce de gombo aux feuilles de <i>Moringa</i>	B ₁ Obtenue par le mélange des feuilles (après effeuillage et lavage) et le gombo émietté en cours de cuisson au feu puis par ajout des ingrédients. (57,4)	2,6	71,0	21,1	5,3
	B ₂ Mélange des feuilles lavées après effeuillage séchées au soleil et émiettées avec le gombo émietté en cours de préparation et l'ajout des ingrédients. (42,6)				
Couscous de riz aux feuilles de <i>Moringa</i>	Réduire les grains de riz en gritz. Tapisser les feuilles de <i>Moringa</i> lavées sur la surface plane du gritz humidifié dans un bol perforé du bas puis ajouter les ingrédients et faire cuire le tout à la vapeur.	0	66,7	13,3	20,0
Salade de pâte d'arachide et des feuilles de <i>Moringa</i>	Faire bouillir les feuilles après effeuillage et lavage, par suite procéder à l'égouttage. Torrifier des graines d'arachide triées, dépelliculer ces graines torréfiées et les réduire en pâte par mouture. Mélanger les feuilles bouillies, égouttées avec la pâte d'arachide.	0	65,4	19,23	15,4
Salade des feuilles de <i>Moringa</i>	Faire bouillir les feuilles de <i>Moringa</i> après les avoir lavées, procéder ensuite à l'égouttage et en fin à l'ajout des ingrédients (huile, vinaigre, carotte, concombre etc).	5,0	75,0	15,0	5,0
Poudre des feuilles de <i>Moringa</i>	C ₁ Sécher les feuilles à l'abri du soleil pendant des jours après effeuillage suivi du lavage, moudre le produit séché, et enfin le tamiser pour obtenir de la poudre. (28,6)	15,5	27,2	29,7	27,6
	C ₂ Séchage au soleil des feuilles lavées après effeuillage, mouture du produit séché du tamisage pour l'obtention de la poudre. (35,4)				
	C ₃ Blanchir les feuilles effeuillées et lavées, procéder ensuite à l'égouttage puis au séchage à l'abri soleil et enfin à la mouture suivie du tamisage pour obtenir poudre. (17,5)				
	C ₄ Blanchir les feuilles effeuillées et lavées, procéder ensuite à l'égouttage puis au séchage au soleil et enfin à la mouture suivie du tamisage pour obtenir poudre. (18,5)				

Il ressort de l'analyse de ce tableau que la sauce simple de feuilles de *Moringa* est la plus consommée fréquemment (15,5%) suivie de la poudre des feuilles (15,5%), par suite la salade des feuilles (5,0%) et enfin la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa* (2,6%). Pour ce qui est de la consommation régulière, sauce simple de feuilles de *Moringa* vient toujours en première position avec un taux de 78,3%. La méthode d'obtention de cette sauce qui consiste à laver les feuilles après effeuillage, les faire cuire puis procéder à l'égouttage par suite l'émiettage et enfin faire le mélange avec le bouillon au feu est la méthode la plus adoptée par les enquêtés (54,7%). La poudre des feuilles de *Moringa* est obtenue par quatre méthodes basées toutes sur le séchage des feuilles. De toutes ces méthodes celle qui consiste à sécher les feuilles lavées après effeuillage suivi de mouture du produit séché et enfin le tamisage représente celle la plus utilisée avec un taux de (35,4%).

3.2.2 RELATION ENTRE PLATS A BASE DES FEUILLES DE *MORINGA OLEIFERA* SUIVANT GROUPE ETHNIQUE

Les corrélations entre les différents plats à base de *Moringa* et les groupes ethniques qui en découlent sont montrées par l'analyse des composantes principales (ACP) (figures 1et 2)

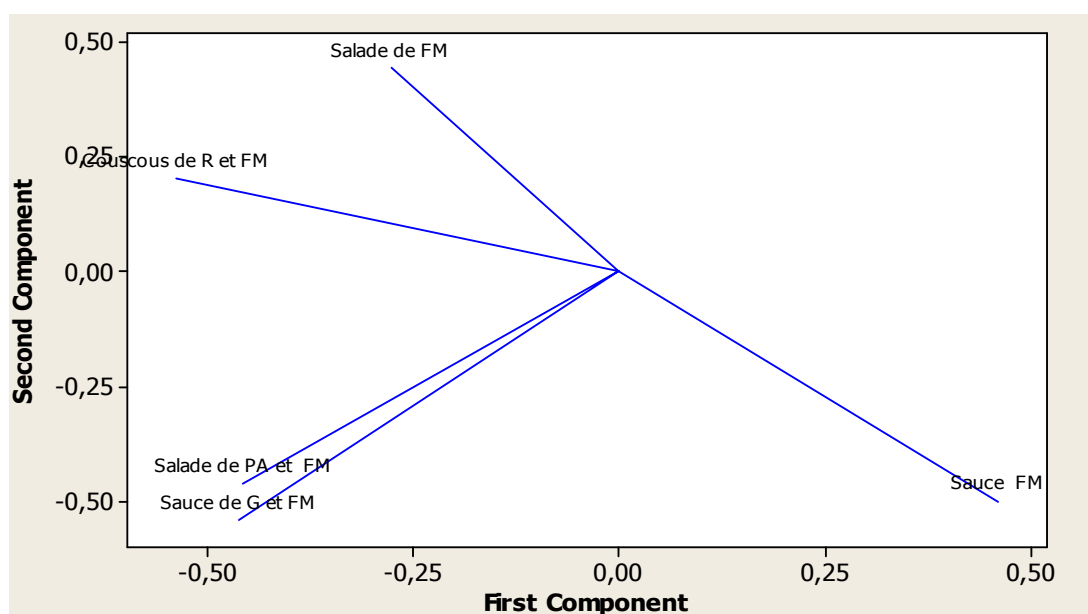


Figure1 : Représentation des différents plats à base des feuilles de *Moringa oléifera* dans le plan factoriel
FM=feuilles de *Moringa*, PA= pâte d'arachide, G=gombo

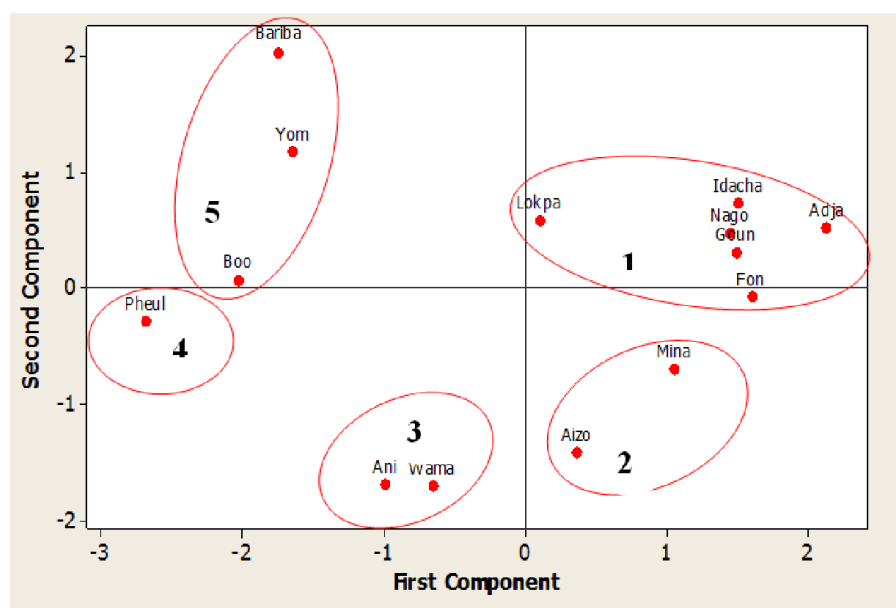


Figure2 : Représentation des différentes ethnies consommatrices des plats à base des feuilles de *Moringa* dans le plan factoriel

4 DISCUSSION

Les départements de Borgou et Donga présentent les valeurs les plus élevées du nombre moyen de pieds de *Moringa* par ménage qui sont respectivement pour ces départements 9 et 13 pieds. Les enquêtés du Nord du Bénin auraient certainement une considération particulière pour cette plante. Ceci justifie l'appellation tébaoun signifiant tranquillisant attribuée à celle-ci par les yoms qui sont originaires de la Donga. Ces résultats sont en accord avec les conclusions de la référence [33]. De plus, la majorité des utilisations des organes de la plante est pratiquée par les ethnies originaires du Nord. Les feuilles représentent la partie la plus exploitée avec un taux d'utilisation 51,2% des opinions suivies des graines (24,3%) des racines (13,2), de l'écorce (8,5%), et enfin des fleurs (2,8%). Seules les feuilles sont impliquées dans les différentes utilisations alimentaires de la plante. Ces utilisations alimentaires sont essentiellement la consommation des feuilles sous forme légume feuilles et l'utilisation de la poudre des feuilles pour rehausser la qualité nutritionnelle de certains plats (tableau 3). La consommation des feuilles sous forme de sauce de légume feuilles est la plus prépondérante avec un taux de réponses de 97,4%. Les différents plats obtenus à partir des feuilles de *Moringa* se résument essentiellement en la sauce simple des feuilles, la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa*, couscous de riz aux feuilles de *Moringa*, la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa*, de la salade des feuilles de *Moringa* (tableau 4). La sauce simple des feuilles de *Moringa* est plus consommée fréquemment (15,5%) et régulièrement (78,3%) par les enquêtés. Les feuilles transformées en poudre et incorporées dans les mets représente une pratique menée par les 68,7% des enquêtés. Toutes les autres utilisations faites de cette plante par les enquêtés sont à but médicinal ou thérapeutique. Six utilisations des organes de plante (la consommation des feuilles sous forme légume feuille et sous forme de poudre ; le traitement de l'asthme par les produit des feuilles, des graines et des racines et la fabrication des produits anti paludiques) sont communes à toutes les ethnies. Ces utilisations communes des organes de cette plante constatées au cours de cette étude seraient dues à la migration momentanée des personnes originaires d'une région vers d'autres espaces du pays.

La plupart des utilisations alimentaires recueillies des opinions des enquêtés corroborent les résultats de plusieurs travaux qui ont permis de mettre en évidence les qualités nutritionnelles exceptionnelles des feuilles *Moringa oleifera*, qui sont utilisées dans l'alimentation en Asie et en Afrique [8], [9], [10], [11], [12], [13]. En effet, des études ont montré l'efficacité de ces feuilles dans la prévention, la correction de la malnutrition et les maladies associées bien qu'elles contiennent des facteurs antinutritionnels tels que les phytates et les oxalates [10], [14], [12], [15], [16]. Aussi les vertus médicinales, ou thérapeutiques et autre de cette plante évoquées confirment-t-elles les conclusions de plusieurs auteurs en particulier [17], [18], [19], [20], [21]. L'exploitation du *Moringa oléifera* au Bénin devient de plus en plus grandissante surtout pour ses feuilles dont les applications alimentaires et certaines vertus médicinales sont connues par la plupart des populations en l'occurrence celles du Nord du pays. Selon [33] la demande des feuilles fraîches ou sèches pour les usages culinaires croît rapidement au fur et à mesure que les informations sur les vertus nutritionnelles sont connues, notamment au Nord du pays. Les différentes applications faites des organes de cette plante ont été confirmées par bon nombre de

chercheurs. On note entre autres le traitement de maladies métaboliques, inflammatoires, infectieuses, parasitaires, du cancer et aussi pour la purification de l'eau.

L'ACP appliqué aux pratiques culinaires des 14 ethnies nous permet de constater que la première composante explique 51,4% des informations de départ et qu'avec trois axes, on arrive à expliquer 93,3% des informations contenues dans les variables initiales, ce qui est suffisant pour garantir une précision d'interprétation de la figure 1.

Les variables sauce des feuilles de *Moringa*, couscous de riz aux feuilles de *Moringa*, salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et sauce de gombo aux feuilles de *Moringa* sont bien représentées et corrélées sur la première composante. Toutefois, la variable sauce des feuilles de *Moringa* est corrélée positivement sur cette composante tandis les variables couscous de riz aux feuilles de *Moringa* salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et sauce de gombo aux feuilles de *Moringa* y sont corrélées négativement. Nous pouvons en déduire que les ethnies consommatrices de la sauce des feuilles de *Moringa* n'ont pas d'intérêt à consommer le couscous de riz aux feuilles de *Moringa*, la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa*.

Sur la deuxième composante, les variables sauce de feuilles de *Moringa*, salade des feuilles de *Moringa*, salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et sauce de gombo aux feuilles de *Moringa* sont représentatives et bien corrélées. Mais seule la variable salade des feuilles de *Moringa* est corrélée positivement sur cette composante. Ceci révèle que les ethnies consommatrices de la salade des feuilles de *Moringa* trouvent moins d'intérêt à consommer ces autres plats aux feuilles de *Moringa*. Par ailleurs, la troisième composante regroupe de façon représentative et bien corrélée les variables sauce des feuilles de *Moringa* salade des feuilles de *Moringa*, couscous de riz aux feuilles de *Moringa* et salade de pâte d'arachide et des feuilles. Cependant, seule la variable couscous de riz aux feuilles de *Moringa* y est corrélée positivement. Ceci montre que les ethnies qui s'intéressent à la consommation de ce plat consomment moins la sauce des feuilles de *Moringa*, la salade des feuilles de *Moringa* et la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa*.

En rapprochant les figures 1 et 2 on peut classer les ethnies en cinq (5) groupes principaux. Le premier qui regroupe les Lokpas, Idatchas, Nagos, Gouns, Adjias et Fons qui trouvent un peu plus de plaisir à consommer la sauce des feuilles de *Moringa* que la consommation du couscous de riz aux feuilles de *Moringa*, la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa*. Le groupe 2 qui compte les Minas et Aizos dont le plaisir à consommer la sauce des feuilles de *Moringa* est encore plus grand. Chez les Anis et Wamas (groupe 3) on observe le phénomène inverse. Les Baribas, Yoms et Boos (groupe 5) ont une préférence particulière de la salade des feuilles de *Moringa* et se désintéressent de la consommation de la salade de pâte d'arachide et des feuilles de *Moringa* et sauce de gombo aux feuilles de *Moringa* contrairement aux Pheuls (groupe 4) chez qui le phénomène est inverse.

Toutes les ethnies initiales étant déjà prises en compte par les deux premiers axes, le positionnement d'une quelconque ethnie sur le troisième axe serait superflu.

5 CONCLUSION

L'étude des connaissances endogènes et importance du *Moringa oléifera* sur un échantillon de 203 enquêtés détenteurs des pieds de *Moringa oléifera* et acteurs principaux de la transformation des organes et produits de cette plante, révèle la présence de celle-ci dans tous les villages et quartiers explorés et a permis de recenser 31 utilisations pour ses différents organes. Ces utilisations sont essentiellement relatives aux vertus médicinales, thérapeutiques, alimentaires et autres pour les différents organes et produits de cette plante. La répartition des pourcentages de réponse des enquêtées montre que les feuilles sont les plus recherchées suivies des graines, par suite les racines, l'écorce, et enfin les fleurs. Tous les groupes ethniques rencontrés pratiquent en commun six utilisations à savoir : la consommation des feuilles sous forme légume feuille et sous forme de poudre ; le traitement de l'asthme par les produits des feuilles, des graines et des racines et la fabrication des produits anti paludiques. Seules les feuilles sont impliquées dans les différentes utilisations alimentaires de la plante. Ces utilisations alimentaires sont essentiellement la consommation des feuilles sous forme légume feuilles et l'utilisation de la poudre des feuilles pour rehausser la qualité nutritionnelle de certains plats. Les produits alimentaires issus de la transformation de ces feuilles se résument en la sauce simple des feuilles, la sauce de gombo aux feuilles de *Moringa*, la salade de pâte d'arachide, la poudre des feuilles de *Moringa* et enfin au couscous de riz aux feuilles de *Moringa*.

Les méthodes de transformation des feuilles pour l'obtention des différents produits alimentaires doivent prendre en compte certaines mesures de préservation des éléments nutritifs des feuilles à l'état et des pratiques d'hygiène concourant à l'obtention des mets de qualité exceptionnelle tant sur le plan nutritionnel que sanitaire. Les compétences technologiques et sanitaires dans les transformations des aliments seront alors recherchées pour atteindre cet objectif afin d'utiliser valablement les feuilles de *Moringa* dans la lutte contre la malnutrition au Bénin.

REMERCIEMENTS

Les remerciements très sincères des auteurs vont à l'endroit du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) du Bénin pour son soutien financier.

REFERENCES

- [1] M. Arbonnier, Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD-MNHN-UICN. 417 p., 2000.
- [2] J.J. O'Donnell, M.C. Palada, S.M.A. Crossman, J.A. Kowalski et A. Bulbulla, Growth and biomass production from hedgerow species, *Agron. Abstr.*, 72, 1994
- [3] N.Foidl, P.S. Harinder, K. Becker, Potentiel du *Moringa oleifera* pour les besoins agricoles et industriels (45-78). In : L'arbre de la vie : Les multiples usages du *Moringa*. Dakar : CTA et CWS.-177p.-(traduit de l'anglais), 2002.
- [4] M.C. Palada, L.C. Changl, Suggested cultural practices for Moringa. International Cooperators' Guide AVRDC. AVRDC pub # 03-545. [En ligne]. Accès Internet : URL : www.avrdc.org. (page consultée le 08/11/2010), 2003.
- [5] H.P.S. Makkar, Becker, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology* vol.63, pp. 211-228, 1996.
- [6] H.P.S. Makkar, K.Becker, Nutrients and antinutritional factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, vol.128, pp. 311-322, 1997.
- [7] E.M. Aregheore, Intake and digestibility of *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures by growing goats. *Small Ruminant Res.*, vol. 46, pp.23-28, 2002.
- [8] M. Ndong, S. Wade, N. Dossou, A.T. Guiro, R.D. Gning Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *Afric. J. Food. Agr. Nutri. Develop.*, vol.7, no.3,17p., 2007.
- [9] L.P. Sena, D.J. Vanderjagt, C. Rivera, A.T.C. Tsin, I. Muhamadu, O. Mahamadou, M. Millson, A. Pastuszyn, R.H. Glew, Analysis of nutritional components of eight famine foods of the Republic of Niger. *Plant. Food. Hum. Nutr.*, vol. 52, pp.17-30, 1998.
- [10] J. Fahey *Moringa oleifera*: A Review of the medical evidence for its nutritional therapeutic and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*. 2005.
- [11] C.T. Lockett, CC Calvert, L.E. Grivetti Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural Fulani, Northeasten Nigeria. *Inter. J. Food. Sci. Nutr.*; vol. 51.pp.195-208, 2000.
- [12] A. De Saint Sauveur, M. Broin, Moringanews, Moringa Association of Ghana Produire et transformer les feuilles de Moringa. *Editions CTA, CDE; Horizon Gémeno* (France), 69p. 2010.
- [13] S.Seshadri, V.S. Nambiar Kanjero (*Digera arvensis*) and drumstick leaves (*Moringa oleifera*): Nutrient Profile and Potential for Human Consumption. *World review of nutrition and dietetics*. vol.2003, no. 91, pp.41-59, 2012.
- [14] R.Y Yang, L.C. Chang, J.C. Hsu, B.B.C. Weng, M.C. Palada, M.L. Chadha, V. Levasseur, Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa-Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé. Atelier international «Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique». Accra, Ghana, pp. 16-18, 2006.
- [15] M.D. Thurber, J.W. Fahey Adoption of *Moringa oleifera* to combat under-nutrition viewed through the lens of the "Diffusion of Innovations" theory. *Ecol. Food. Nutr.*, vol. 48, no3, 21p., 2009.
- [16] T Gopaldas, I. Ramakrishnan, T. Grewal, R. Rajalakshmi, R.P. Devadas Use of legumes and green leafy vegetables for infant and young child feeding: summary of results of studies in three different parts of India. *PAG Bulletin.*, vol.3, no. 2, pp.51-53, 1973.
- [17] P. Padmarao, B.M. Acharya, T.J. Dennis, Pharmacognostic study on stem bark of *Moringa oleifera* Lam. Bulletin of Medico-Ethno-Botanical Research, vol. 17, pp.141-151, 1996.
- [18] M.U. Dahot, Vitamin contents of flowers and seeds of *Moringa oleifera*. *Pak J Biochem*, vol.21, pp. 1-24, 1988.
- [19] K Ruckmani, S. Kavimani, R. Anandan, B. Jaykar, Effect of *Moringa oleifera* Lam on paracetamol-induced hepatotoxicity. *Indian J Pharm Sci* vol. 60, pp.33-35, 1998.
- [20] JF Morton.. The horseradish tree, *Moringa pterigosperma* (Moringaceae). A boon to arid lands. *Econ Bot*, vol. 45, pp. 318-333, 1991.
- [21] E Makonnen, A. Hunde, G. Damecha, Hypoglycaemic effect of *Moringa stenopetala* aqueous extract in rabbits. *Phytother Res.*, vol.11, pp.147-148, 1997.
- [22] V Girija, D. Sharada, P. Pushpamma, Bioavailability of Thiamine, Riboflavin and Niacin from Commonly Consumed Green Leafy Vegetables in the Rural Areas of Andhra Pradesh in India. *Inter. J. Vitamin. Nutri. Research.*, vol. 52, pp.9-13, 1982.

- [23] Pullakhandam R, Failla ML Micellarization and Intestinal Cell Uptake of β -carotene and Lutein from Drumstick (*Moringa oleifera*) Leaves. *J. Med. Food.*, vol.10, no. 2, pp. 252–257, 2007.
- [24] H.D. Kumar Management of Nutritional and Health Needs of Malnourished and Vegetarian People in India. In: Cooper E, Yamaguchi N, editors, *Complementary and Alternative Approaches to Biomedicine*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 311–321, 2004.
- [25] JB Nikiéma, K. Djierro, J. Simporé, D. Sia, S. Sourabié, C. Gnoula, I.P. Guissou, Stratégie d'utilisation des substances naturelles dans la prise en charge des personnes vivant avec le VIH : expérience du Burkina Faso. *Ethnopharmacologia*, vol. 43, pp. 47-51, 2009.
- [26] D.J. Burger, L. Fuglie, J.W. Herzig, International Conference on AIDS, The possible role of *Moringa oleifera* in HIV/AIDS supportive treatment, *Int Conf AIDS*, Jul., vol. 14 abstract no. F12423, pp.7-12, 2002.
- [27] N Ahouansou, Les potentialités nutritionnelles et médicinales du *Moringa oleifera* en vue de l'amélioration de l'état sanitaire des PVVIH. In : Livre du programme et des résumés, 2èmes Journées Scientifiques Béninoises sur le VIH, le SIDA et les IST. Cotonou –Bénin, pp.92-94, 2009.
- [28] A. Tété-Bénissan, K.A. Lawson-Evi, K. Kokou, M. Gbéassor, Effet de la poudre de feuilles de *moringa oleifera lam.* sur l'évolution du profil de l'hémogramme des enfants malnutris au togo: évaluation chez les sujets hiv positifs, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Développement*, Vol. 12, no. 2, pp.6007-6026, 2012.
- [29] F Anwar, S. Latif, M. Ashraf, A.H. Gilani, *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytother Res.*, vol.21, no.1pp.17-25, 2007.
- [30] O. P. Madi, S. Bourou, W. Noé, Utilisations et importances socio-économiques du *Moringa oleifera* Lam. en zone de savanes d'Afrique Centrale : Cas de la ville de Maroua au Nord-Cameroun, *Journal of Applied Biosciences*, vol. 60, pp. 4421– 4432, 2012.
- [31] P. Dagnelie, *Statistiques théoriques et appliquées: Inférence statistique à une et à deux dimensions*, de Boeck Université, , Brussels: De Boeck and Larcier S.A., Tome 2, 559 p., 1998.
- [32] F.J Chadare, J.D. Hounhouigan, A.R. Linnemann, M.J.R. Nout, M.A.J.S.VanBoekel, Indigenous knowledge and processing of *Adansonia digitata* L. food products in Benin', *Ecology of Food and Nutrition* vol. 47 no. 4, pp. 338–62, 2008.
- [33] Silva, Promotion de la culture familiale du *Moringa oleifera* au Bénin. Réseau International Arbres Tropicaux, 25p., 2010.
- [34] Armelle et Mélanie, Produire et transformer les feuilles de *Moringa*, 16 p., 2010

Sur l'ellipticité des équations non linéaires pour une certaine classe de matériau isotrope et compressible

[On the ellipticity of nonlinear equations for a certain class of isotropic material and compressible]

Edouard Diouf

Laboratoire de Mathématiques et Applications,
Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Copyright © 2015 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: Problems related to the elasticity, studied based on the models represented by the elliptic equations are characterized by their invariability in time. For an isotropic compressible medium, the loss of ellipticity criterion depends on the determinant of the Hessian matrix of the energy potential and therefore invariant tensor Cauchy Green. Necessary and sufficient conditions on the ellipticity or Legendre-Hadamard condition are given from two energy functions of polynomial type from the isotropic compressible case.

KEYWORDS: nonlinear equation, compressibility, ellipticity, Legendre-Hadamard condition.

RÉSUMÉ: Les problèmes liés à l'élasticité, étudiés sur la base des modèles représentés par les équations de type elliptique, se caractérisent par leur invariabilité dans le temps. Pour un milieu isotrope et compressible, le critère de perte d'ellipticité dépend du déterminant de la matrice hessienne du potentiel d'énergie et donc des invariants du tenseur de Cauchy Green. Des conditions nécessaires et suffisantes sur l'ellipticité ou condition de Legendre-Hadamard sont données à partir de deux fonctions d'énergie de type polynomial dans le cas isotrope et compressible.

MOTS-CLEFS: équations non linéaires, compressibilité, matrice hessienne, invariants, ellipticité.

1 INTRODUCTION

Le développement de la théorie des solutions des systèmes mécaniques non linéaires a été l'une des grandes avancées dans l'étude des équations elliptiques, paraboliques et hyperboliques, pendant ces dernières années. En mécanique des fluides et des solides, une attention particulière a été portée sur l'ellipticité des équations issues de l'étude des systèmes matériels compressibles ou incompressibles [1].

En élastostatique, par exemple, Knowles et Sternberg [2] ont montré que la perte d'ellipticité dans les systèmes non linéaires est due aux grandes déformations locales, alors qu'en acoustique, cette perte est liée à la non-singularité du tenseur acoustique.

En plasticité, il a été établi que lorsque le comportement élasto-viscoplastique tend vers un comportement élastoplastique, le critère d'ellipticité peut être lié à l'analyse de la stabilité [3]. Ainsi, l'absence de critère de stabilité unique, peut conduire à rapprocher la condition d'ellipticité considérée comme un critère de stabilité local, à la forme locale d'analyse classique de stabilité par le théorème de Lyapunov.

D'autres auteurs [4] ont quant à eux, montré l'influence de la non linéarité et de la compressibilité des matériaux homogènes isotropes sur le champ de déplacement élastostatique et donc sur l'ellipticité. A cet égard, ils ont établi que la réponse du matériau, en présence de grandes déformations, se trouve dans les paramètres du potentiel d'énergie comme celui par exemple de Blatz-Ko.

Pour ce qui est du critère de la perte d'ellipticité, donné aussi par l'analyse de Rice [5,6], il est basé sur la discontinuité du champ gradient des vitesses vérifiant les conditions de compatibilité cinématique et une condition d'équilibre.

L'étude de l'ellipticité, relativement à un milieu isotrope, peut se faire selon deux types de matériaux à savoir l'incompressibilité et la compressibilité [1]. Il est établi qu'avec le modèle Neo-Hookean, l'ellipticité est conservée avec l'ensemble des déformations, alors que pour le modèle isotrope compressible de type Blatz-Ko, il y a perte d'ellipticité avec des grandes déformations [7].

Dans ce papier, après une formulation cinématique, nous nous intéressons à l'ellipticité de deux types de matériau. Nous étudions d'une part la perte (ou non) d'ellipticité d'un système matériel relativement à un modèle de type polynomial (exemple du modèle proposé par Diouf et Zidi) et d'autre part du modèle de Blatz-Ko.

2 APPROCHE CINÉMATIQUE

Considérons une déformation χ associant à une position (a) de la configuration de référence R_0 le point $x = \chi(a)$ de configuration déformée, de référence R .

Pour un système matériel, une description équivalente de cette déformation consiste à considérer le champ de déplacement u défini par $x = \chi(a) = a + u(a)$.

Si $\delta a = a' - a$ représente un vecteur pris autour de a , le champ de déplacement u le transporte en un vecteur $\delta x = x' - x = \delta a + u(a') - u(a)$.

C'est ainsi que : $\delta x - \delta a = u(a') - u(a) = H(a)\delta a + o(|\delta a|^2)$,

avec : $H(a) = (H_{ij}(a)) = (\partial u_i(a) / \partial a_j)$, $i, j = 1, 2, 3$ application linéaire tangente.

Le tenseur gradient de la transformation F défini à partir de cette application et du tenseur identité est tel que $F(a) = I_d + H(a)$.

Il s'en suit le tenseur de déformation gauche de Cauchy-Green $B = FF^T$.

Les trois premiers invariants élémentaires sont ainsi définis :

$$I_1 = tr(B) = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2,$$

$$I_2 = tr(B^*) = \lambda_1^2 \lambda_2^2 + \lambda_2^2 \lambda_3^2 + \lambda_3^2 \lambda_1^2, \quad B^* = \det(B)B^{-1} \text{ est l'adjoint de } B,$$

$$I_3 = \det(B) = \lambda_1^2 \lambda_2^2 \lambda_3^2,$$

les λ_i étant les valeurs propres de F .

Considérons une fonction d'énergie :

$$W(F) = g(\lambda_1(F), \lambda_2(F), \lambda_3(F))$$

deux fois continument différentiable. Une condition nécessaire et suffisante pour que $W(F)$ satisfasse les conditions d'ellipticité (ou de Legendre-Hadamard) est donnée par [8] :

$$\sum_{i,j,k,l=1}^3 \frac{\partial^2 W(F)}{\partial F_{ik} \partial F_{jl}} \alpha_i \alpha_j \beta_k \beta_l \geq 0, \quad (2.1)$$

pour tout vecteur α, β .

Si de plus la fonction g est symétrique, alors les conditions nécessaires et suffisantes pour que $W(\mathbf{F})$ soit convexe sont données par:

$$\frac{\lambda_i g_i - \lambda_j g_j}{\lambda_i - \lambda_j} \geq 0, \lambda_i \neq \lambda_j, 1 \leq i < j \leq 3, \quad (2.2.a)$$

et la matrice $\mathbf{M}^\varepsilon$ est définie positive.

$$\mathbf{M}^\varepsilon = \left(M_{ij}^\varepsilon \right)_{1 \leq i, j \leq 3}, \quad (2.2.b)$$

$$M_{ij}^\varepsilon = \begin{cases} g_{ii} & \text{si } i = j \text{ ou si } i < j \text{ et } \lambda_i = \lambda_j \\ \varepsilon_i \varepsilon_j g_{ij} + \frac{g_i - \varepsilon_i \varepsilon_j g_j}{\lambda_i - \varepsilon_i \varepsilon_j \lambda_j} & \text{si } i < j \text{ et } \lambda_i \neq \lambda_j \text{ ou } \varepsilon_i \varepsilon_j \neq 1 \end{cases}$$

pour tout $\varepsilon_i \in \{-1, 1\}$, avec $g_i = \frac{\partial g}{\partial \lambda_i}$, $g_{ij} = \frac{\partial^2 g}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j}$.

La preuve de ces résultats montre que la condition d'ellipticité est équivalente [8] à (2.2.a).

Pour un système matériel élastique, compressible et non linéaire, les équations d'équilibres sont données par :

$$\mathbf{C}_{ijkl} = (\mathbf{I}_d + \nabla \mathbf{u}) \mathbf{u}_{k,ij} = 0 \quad \text{sur } R_0 \quad (2.3)$$

avec $\mathbf{C}_{ijkl} = \mathbf{C}_{ijkl}(\mathbf{I}_d + \nabla \mathbf{u}) = \mathbf{C}_{ijkl}(\mathbf{F}) = \frac{\partial^2 W(\mathbf{F})}{\partial F_{ij} \partial F_{kl}}$.

Le système (2.3) est un problème elliptique. Il admet une solution $\mathbf{U}$ si et seulement si

$$\det(\mathbf{C}_{ijkl}(\mathbf{F}) n_j n_l) \neq 0. \quad (2.4)$$

Les n_j, n_l représentent les composantes d'un vecteur unitaire $\vec{n}$.

Dans la configuration déformée, les équations d'équilibre sont données par [9]:

$$\mathbf{L}_{ijkl} \mathbf{u}_{k,lj} = 0 \quad \text{sur } R \quad (2.5)$$

avec $\mathbf{L}_{ijkl} = \mathbf{C}_{ijkl}(\mathbf{I}_d + \nabla \mathbf{u})$.

L'ellipticité (ou la perte d'ellipticité) sera déterminée par la recherche des zéros du polynôme caractéristique de $\mathbf{L}_{ijkl}$.

3 MODÈLE DE DIOUF-ZIDI

Le modèle proposé par Diouf-Zidi [10] est une forme à plusieurs paramètres qui aboutit à une formulation unifiée de diverses représentations :

$$W = \frac{\mu}{2} \left[(I_1 - 3) + a_1 (I_2 - 3) + a_2 \left[(I_3^{1/p} - 1)^p + (2 - p)(I_3 - 1) \right] + a_3 \frac{2 - p}{1 + p} \log(I_3) \right]. \quad (3.1)$$

Admettons le théorème de Rosakis [11,12] qui montre que :

$$W(I_1, I_2, I_3) = W(\alpha, \beta),$$

avec

$$\begin{aligned} I_1 &= \beta_1^2 + \beta_2^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2, \\ I_2 &= \beta_1^2 (\alpha_2^3 + \alpha_3^2) + \beta_2^2 (\alpha_3^3 + \alpha_1^2) + \beta_3^2 (\alpha_1^3 + \alpha_2^2), \\ I_3 &= (\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^2, \end{aligned} \quad (3.2)$$

où $\beta = (\beta_1, \beta_2)$, $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ sont des vecteurs choisis tels que $\beta_1, \beta_2, \alpha_3$ soient strictement positifs.

Les expressions données en (3.2) permettent de réécrire la fonction d'énergie (3.1) sous la forme :

$$W(\beta, \alpha) = \frac{\mu}{2} \left[\begin{aligned} &(\beta_1^2 + \beta_2^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 3) + \\ &a_1 (\beta_1^2 (\alpha_2^3 + \alpha_3^2) + \beta_2^2 (\alpha_3^3 + \alpha_1^2) + \beta_3^2 (\alpha_1^3 + \alpha_2^2) - 3) \\ &+ a_2 \left[((\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^{2/p} - 1)^p \right. \\ &\quad \left. + (2 - p)((\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^2 - 1) \right] \\ &+ a_3 \frac{2 - p}{2(1 + p)} \log(\beta_1 \beta_2 \alpha_3) \end{aligned} \right] \quad (3.3)$$

Posons $H_{ij} = \frac{\partial^2 W}{\partial \alpha_i \partial \alpha_j}$ les composantes de la matrice hessienne $\mathbf{H}_W$ de $W(\beta, \alpha)$ avec la condition β_1, β_2 constants.

Les composantes non nulles de $\mathbf{H}_W$ sont :

$$\begin{aligned} H_{11} &= \mu(1 + a_1 \beta_2^2), \\ H_{22} &= \mu(1 + a_1 \beta_1^2), \\ H_{33} &= \frac{\mu a_2}{p} \beta_1^2 \beta_2^2 \left[(p I_3 + 2(1 - p) \beta_1^2 \beta_2^2 \alpha_3^2) \left(I_3^{\frac{1}{p}} - 1 \right) + 2 \frac{p-1}{p} \beta_1^2 \beta_2^2 \alpha_3^2 I_3^{\frac{1}{p}} \right] I_3^{\frac{1}{p}-2} \left(I_3^{\frac{1}{p}} - 1 \right)^{p-2} + \\ &\mu \left[1 + a_3 \frac{p-2}{(p+1) \alpha_3^2} \right] + \mu a_1 (\beta_1^2 + \beta_2^2) - \mu a_2 \frac{p-2}{p} \beta_1^2 \beta_2^2. \end{aligned}$$

Ainsi nous avons :

$$\det(\mathbf{H}_W) = \mu^3 (1 + a_1 \beta_1^2) (1 + a_1 \beta_2^2) H_{33}, \quad (3.4)$$

avec $H_3 = H_{33} / \mu$.

Ainsi, pour le modèle décrit en (3.1) et relativement à un milieu isotrope et compressible, l'ellipticité (globale) des équations (2.3) dépend fortement de H_3 , et donc de I_3 .

Dans les conditions où p est un paramètre strictement positif, la recherche analytique des zéros de l'équation $\det(\mathbf{H}_W) = 0$ est moins évidente.

Par ailleurs, il est possible de considérer l'ellipticité en posant dans (3.4) $\beta_1 = \beta_2 = \sqrt{-a_1^{-1}}$, avec la condition $a_1 < 0$.

Cela garantit l'existence du vecteur β avec les conditions $\beta_1, \beta_2 \succ 0$. Cependant, comme le paramètre a_1 est lié au matériau, cela réduit le nombre de système matériel globalement elliptique sur R_0 .

Par un passage à l'incompressible : $I_3 \rightarrow 1$, nous aurons :

$$H_3 = 1 + a_1(\beta_1^2 + \beta_2^2) - a_2\beta_1^2\beta_2^2 \frac{p-2}{p} + a_3 \frac{p-2}{(p+1)\alpha_3^2},$$

ce qui peut donner comme zéro de $\det(\mathbf{H}_W) = 0$:

$$\alpha_3^2 = \frac{p-2}{p+1} \left[\frac{a_3}{-1 - a_1(\beta_1^2 + \beta_2^2) + a_2\beta_1^2\beta_2^2 \frac{p-2}{p}} \right].$$

D'autre part, le modèle (3.1) peut être considéré comme une généralisation [10] du modèle d'Ogden ($p=1$) et d'Hadamard ($p=2$).

$$\text{Lorsque } p=1, \text{ nous avons } H_3 = 1 + 2a_2\beta_1^2\beta_2^2 + a_1(\beta_1^2 + \beta_2^2) - \frac{a_3}{2\alpha_3^2},$$

$$\text{Et pour } p=2, H_3 = 1 + a_2\left(\beta_1^2 + \beta_2^2 + \frac{\beta_1^2\beta_2^2}{2}\right).$$

Dans ces deux cas limites, il est possible de montrer que $\det(\mathbf{H}_W) = 0$ admet au moins une solution. Ainsi, avec les formes de H_3 l'existence des vecteurs β et a est prouvée avec les conditions $\beta_1, \beta_2, \alpha_3 \succ 0$ ainsi que la régularité des coefficients de $\mathbf{H}_W$.

Dans le cas où $W = \tilde{W}(I_1(\mathbf{C}), I_3(\mathbf{C}))$, et $\mathbf{F} = \sum_i \lambda_i (\bar{\mathbf{e}}_i \otimes \bar{\mathbf{e}}_i)$, $i = 1, 2, 3$, les $\bar{\mathbf{e}}_i$ formant une base orthogonale dans $\mathbf{R}^3$ et λ_i positif, Walton et Wilbert [13] montrent qu'il y a ellipticité si et seulement si les trois conditions suivantes sont vérifiées :

$$\begin{aligned} \tilde{W}_1 &\succ 0, \\ \tilde{W}_1 + \tilde{W}_3 &\succ 0, \\ \tilde{W}_1 + \tilde{W}_3 + 2\left[(\lambda_1 - \lambda_2^2 / \lambda_1)^2 \tilde{W}_{11} + 2(\lambda_1 - \lambda_2^2 / \lambda_1) \tilde{W}_{13} \lambda_1 + \tilde{W}_{33} \lambda_1^2\right] &\geq 0, \end{aligned} \tag{3.5}$$

$$\text{avec } \tilde{W}_{ij} = \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial I_i \partial I_j}.$$

En posant $a_1 = 0$ dans le modèle décrit en (3.1) et compte tenu que $\mu \succ 0$, il apparaît que la première inégalité de (3.5) est vérifiée, et que la seconde s'écrit :

$$1 + a_2 \left[(2-p) + (I_3^{1/p} - 1)^{p-1} I_3^{\frac{1}{p}-1} \right] + a_3 \frac{2-p}{(p+1)I_3} \geq 0. \tag{3.6}$$

La dernière inégalité de (3.5) devient :

$$\begin{aligned}
 & 1 + a_2 \left[(2-p) + (I_3^{1/p} - 1)^{p-1} I_3^{\frac{1}{p}-1} \right] + a_3 \frac{2-p}{(p+1)I_3} \\
 & + 2\lambda_1^2 a_2 \left[\left(\frac{1}{p} - 1 \right) (I_3^{1/p} - 1) I_3^{\frac{1}{p}-2} + \frac{p-1}{p} I_3^{2(\frac{1}{p}-1)} \right] (I_3^{1/p} - 1)^{p-2} \\
 & - 2\lambda_1^2 a_3 \frac{2-p}{(p+1)I_3^2} \geq 0.
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Cette inégalité peut encore s'écrire sous la forme :

$$1 + \tilde{W}_3(I_3) + 2\lambda_1^2 \frac{d\tilde{W}_3(I_3)}{dI_3} \geq 0.$$

Il faut alors remarquer que l'ellipticité dépend fortement du paramètre p et du troisième invariant I_3 .

Dans les cas limites de la généralisation du modèle (3.1), le critère d'ellipticité établi en (3.6) et (3.7) donne respectivement pour les modèles d'Ogden et D'Hadamard :

$$\begin{aligned}
 p=1 : & \begin{cases} 2(1+2a_2)I_3 + a_3 \geq 0, \\ 2(1+2a_2)I_3^2 + a_3I_3 - 2\lambda_1^2 a_3 \geq 0, \end{cases} \\
 p=2 : & \begin{cases} (1+a_2)\sqrt{I_3} - a_2 \geq 0, \\ (1+a_2)I_3^{3/2} - a_2I_3 - \lambda_1^2 a_2 \geq 0. \end{cases}
 \end{aligned}$$

4 MODÈLE DE BLATZ-KO

La densité d'énergie de type Blatz-Ko [14] est donnée par :

$$W = \frac{\mu}{2} f \left[I_1 - 1 - \frac{1}{\nu} + \frac{1-2\nu}{\nu} I_3^{\frac{-\nu}{1-2\nu}} \right] + \frac{\mu}{2} (1-f) \left[\frac{I_2}{I_3} - 1 - \frac{1}{\nu} + \frac{1-2\nu}{\nu} I_3^{\frac{\nu}{1-2\nu}} \right]. \tag{4.1}$$

En portant les équations (3.2) dans (4.1), nous obtenons :

$$\begin{aligned}
 W(\beta, \alpha) = & \frac{\mu}{2} f \left[\beta_1^2 + \beta_2^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 1 - \frac{1}{\nu} + \frac{1-2\nu}{\nu} (\beta_1\beta_2\alpha_3)^{\frac{-2\nu}{1-2\nu}} \right] \\
 & + \frac{\mu}{2} (1-f) \left[\frac{\alpha_2^2 + \alpha_3^2}{\beta_2^2 \alpha_3^2} + \frac{\alpha_1^2 + \alpha_3^2}{\beta_1^2 \alpha_3^2} + \frac{1}{\alpha_3^2} - 1 - \frac{1}{\nu} + \frac{1-2\nu}{\nu} (\beta_1\beta_2\alpha_3)^{\frac{2\nu}{1-2\nu}} \right].
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

En posant $\mathbf{H}_W = \mu \mathbf{H}$ la matrice hessienne de la fonction (4.2), nous obtenons du fait de la symétrie, les composantes non nulles de $\mathbf{H}$:

$$\begin{aligned}
 H_{11} &= f + \frac{1-f}{\beta_1^2 \alpha_3^2}, \\
 H_{13} &= \frac{-2(1-f)\alpha_1}{\beta_1^2 \alpha_3^3}, \\
 H_{22} &= f + \frac{1-f}{\beta_2^2 \alpha_3^2}, \\
 H_{23} &= \frac{-2(1-f)\alpha_2}{\beta_2^2 \alpha_3^3}, \\
 H_{33} &= f \left[1 + \frac{\beta_1^2 \beta_2^2}{1-2\nu} (\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^{2(\nu-1)/(1-2\nu)} \right] + \\
 & (1-f) \left[\frac{3\alpha_2^2}{\beta_2^2 \alpha_3^4} + \frac{3\alpha_1^2}{\beta_1^2 \alpha_3^4} + \frac{3}{\alpha_3^4} + \frac{4\nu-1}{1-2\nu} \beta_1^2 \beta_2^2 (\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^{2(3\nu-1)/(1-2\nu)} \right].
 \end{aligned}$$

En posant $f = 1$, nous avons $\det(\mathbf{H}_w) = \mu^3 \left[1 + \frac{\beta_1^2 \beta_2^2}{1-2\nu} (\beta_1 \beta_2 \alpha_3)^{2(\nu-1)/(1-2\nu)} \right]$.

Ce qui montre que pour le modèle (4.1), relativement à un milieu isotrope et compressible, les équations (2.3) sont globalement elliptiques sur R_0 lorsque $f = 1$.

Supposons $f \in [0, 1[$, et posons $\mathbf{H}_w = \mu(1-f)\mathbf{h}$, où les composantes non nulles de $\mathbf{h}$ (symétrique) sont :

$$h_{11} = \frac{H_{11}}{1-f}, h_{13} = \frac{-2\alpha_1}{\beta_1^2 \alpha_3^3}, h_{22} = \frac{H_{22}}{1-f}, h_{23} = \frac{-2\alpha_2}{\beta_2^2 \alpha_3^3}, h_{33} = \frac{H_{33}}{1-f}.$$

En considérant le cas limite où $f = 0$ et $\nu = 1/4$, nous avons :

$$\det(\mathbf{h}) = \frac{3\beta_1^2 \beta_2^2 - \alpha_1^2 \beta_2^2 - \alpha_2^2 \beta_1^2}{\beta_1^4 \beta_2^4 \alpha_3^8}.$$

Ainsi, nous avons une perte d'ellipticité pour le modèle de Blatz-Ko décrit en (4.1) si et seulement si $\det(\mathbf{h}) = 0$, c'est à dire : les vecteurs β, α sont tels que :

$$\frac{\alpha_1^2}{3\beta_1^2} + \frac{\alpha_2^2}{3\beta_2^2} = 1.$$

Le résultat est le même pour le cas $f = 0$ et $\nu \neq 1/4$.

Prenons le cas où $f \in]0, 1[$. Nous avons :

$$\det(\mathbf{h}) = \frac{H_{11} H_{22} H_{33}}{(1-f)^3} - \frac{4\alpha_2^2 H_{11}}{(1-f)\beta_2^4 \alpha_3^6} - \frac{4\alpha_1^2 H_{22}}{(1-f)\beta_1^4 \alpha_3^4}.$$

Il en découle que l'ellipticité dans ce cas, dépend des invariants I_j .

5 CONCLUSION

Dans l'étude des deux modèles décrits au paragraphe 3 et 4, nous notons que la perte (ou non) d'ellipticité dépend fortement du troisième invariant I_3 (modèle 3.1) et des $I_i, i = 1, 2, 3$ (modèle 4.1). Nous pouvons alors affirmer la corrélation entre la compressibilité et l'ellipticité pour les modèles de matériaux isotropes compressibles. Avec Rosakis, nous avons aussi un lien entre l'ellipticité, la variation du volume local et les vecteurs α et β . La recherche de l'existence de ces vecteurs repose sur la minimisation d'une fonctionnelle suffisamment régulière et reliée au déterminant de la matrice hessienne du potentiel d'énergie. Cependant certaines précautions sont nécessaires pour s'assurer de prédire l'ensemble des directions des vecteurs α et $I_i, i = 1, 2, 3$ et donc l'ensemble des orientations possibles qui dépendent du modèle de comportement choisi. A un degré non moins négligeable, l'étude sur l'ellipticité dépend aussi des paramètres liés au matériau. Cela se confirme et devient évidente lorsque $I_3 \rightarrow 1$, par passage à l'incompressible.

REFERENCES

- [1] Zee L., Sternberg E., Ordinary and strong ellipticity in the equilibrium theory of incompressible Hyperelastic solids; *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 83, 53-90, 1983.
- [2] Knowles J.K., Sternberg E.; On the ellipticity of the equations of nonlinear elastostatics For a special material ; *Journal of Elasticity* 5,341-361, 1975.
- [3] Barbier G., Benallal A., Cano V.; Relation théorique entre la méthode de perturbation linéaire et L'analyse de bifurcation pour la prédiction de la localisation des déformation ; *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-series IIB*, 326(3), 153-158, 1998.
- [4] Walton J.R., Wilbert J.P. : Sufficient conditions for strong ellipticity for a class of anisotropic materials ; *International Journal of non linear mechanics*, 38, 441-455, 2003.
- [5] Bigoni D., Hueckel T.; Uniqueness and localization associative and nonassociative elastoplasticity; *International Journal of Solid and Structures*, 28(2); 197-213, 1991.
- [6] Rice J.R.; The localization of plastic deformation; In: *14th IUTAM Congress, Koiter Amsterdam*, 1976.
- [7] Triantafyllidis N., Abeyaratne R.; Instability of a finitely deformed fiber-reinforced elastic material; *Journal of Applied Mechanics*, 50, 149-156, 1983.
- [8] Dacorogna B.: Necessary and sufficient conditions for strong ellipticity of isotropic functions in any dimension; *Discrete and continuous dynamical systems. Series B*, vol.1 2001.
- [9] Criscione J.C., Humphrey J.D., Douglas A.S., Hunter W.C. : An invariant basis for natural strain which yields orthogonal stress response terms in isotropic hyperelastic ; *J.Mech .Phys. Solids*,48,2445-2465, 2000.
- [10] Diouf E., Zidi M. : Finite azimuthal shear motion of a transversely isotropic compressible elastic and prestressed tube ; *International Journal of Engineering Sciences*, 43,262-274,2005.
- [11] Healey T.J., Rosakis P. : Unbounded branches of classical injective solutions to the forced displacement problem in non-linear elastostatics ; *Journal of Elasticity*, 49,65-78,1997.
- [12] Rosakis P. :Ellipticity and deformations with discontinuous gradients in plane elastostatics of compressible solids ; *Arch. Rat. Mech. Anal*, 109,1-37,1990.
- [13] Walton R., Wilber J.P., "Sufficient conditions for strong ellipticity for a class of anisotropic materials", *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 38:441-455 (2003).
- [14] Beatty M.F. : Topic in finite elasticity : hyperelasticity of rubber, elastomers and biological tissues ; *Appl. Mech. Review*, 40, 1699-1734, 1987.

Notice of Retraction

The authors of the following article have requested that it be retracted from publication in the *International Journal of Innovation and Applied Studies*:

Fathi Abu Nasser, “The Impact of Proposed Photography Program on The Development of Creative Abilities of Third grade Students at Intermediate school In Jeddah,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 13, no. 2, pp. 335–347, October 2015.

Effect of plant growth regulators on *Helianthus annuus* L. callus induction

Khadiga G. Abd Elaleem¹, Badr Eldin A.E. Saeed¹, and Magda Mohamed Ahmed²

¹Department of Biology and Biotechnology,
AL Neelain University, Faculty of Science and Technology,
Khartoum, Sudan

²Commission of Biotechnology and Genetic Engineering,
National Centre for Research,
Khartoum, Sudan

Copyright © 2015 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 aimed to investigate the effect of different plant growth regulator namely 2,4 dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) and α -Naphthalene Acetic Acid (NAA) on callus induction of *Helianthus annuus* L. Callus culture were initiated from three explants namely cotyledon leaf, hypocotyl and root segments explants of in vitro *Helianthus annuus* L seedling.

Both auxins 2,4-D and NAA stimulate callus induction, however 1.5 mg/L 2,4-D proved to be more effected for induction of callus. Among all treatment media containing 1.5 mg/l 2,4 D showed highest response of callus degree (3.44 ± 0.12) with cotyledon leaf segment explant, maximum amount of callus explained by hypocotyl explant was (3.25 ± 0.14), observed on MS media supplemented with 2.0 mg/l of both 2,4 D and NAA, for root segment explants maximum callus was (3.13 ± 0.15), observed on MS media supplemented by 2.0 mg/l NAA. The callus from cotyledon leaf segment explants was creamy color with granular nature in media fortified with 2,4 D, while in media fortified with NAA callus was green color with watery nature and root induction observed. The callus from hypocotyl segment explants was yellow color with watery nature with 2,4 D, while in media fortified with NAA callus was green color with granular nature and root induction was observed. For root explant callus was brown color with both NAA and 2,4 D, with granular nature on MS media supplemented by 2,4 D and watery with root induction on MS media fortified with NAA.

KEYWORDS: 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D), Root segment, explant, Hypocotyls, *Helianthus annuus* L, Callus induction.

1 INTRODUCTION

Composite family member sunflower (*Helianthus annuus* L.) has great importance in industrial crops with its high oil content, the technology for processing sunflower oil in to biodiesel oil has been developed lately, and as result the necessity of good quality sunflower oil is increase rapidly [1].

The genus *Helianthus* belong to the subdivision Tubiflorae and tribe Helianthae of the composites family these genus belong to Asteraceae family and composed of 49 species subspecies within 12 annual and 37 perennial species [2] and [3].

Thus in breeding programs, increase disease resistance and high oil content have been the main aim for sunflower [4]. In recent years, biotechnological techniques such as tissue culture have been used for improvement of sunflower.

The major producing countries for sunflower seeds are Argentine, European Union, Russian federation, Ukraine, USA, India and China, these seven countries of world produce about 76% of the total production [5].

Sunflower is one of the world major oil seed crops it important in industrial crops , the technology for processing sunflower oil in to biodiesel oil [1]

sunflower oil preparation of unsaturated fatty acid high oleic sunflower oil are excellent renewable raw material for industrial purpose it use as food oils, The high oxidation performance of fatty acid combined with low Content satiric acid make them suitable for industrial application like meta working fluids [5].

The Object of this study is to determine the effect of growth regulators on callus induction from varied explant of sun flower.

2 MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in plant tissue culture laboratory, Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, AL Neelain University, Sudan.

2.1 SOURCE OF SEEDS

Seeds of sunflower used in this study purchased from local market, Khartoun, Sudan.

2.2 PREPARATION OF MEDIA AND GROWTH REGULATOR

The medium used in this study was Murashige and Stooage [6], (MS) media in standard component : macro and micro element, vitamins, 7.0 g/l agar, and 3% sucrose. The pH adjusted to 5.8 ± 0.02 .

The growth regulators used in this study are two types of auxin namely 2,4 dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) and Naphthalene Acetic Acid (NAA), 50 mg powder of appropriate auxin was dissolved in few drops 1N NaOH, then the volume made up to 50 ml by hot distilled water, mixed using magnetic stirrer, and store at 4°C till use.

2.3 STERILIZATION OF SEEDS

The seeds were washed by running tap water, then sterilized by 70% alcohol for 30 second, washed three times by sterilized distil water to remove the trace of alcohol, and them sterilized by Clorox solution (15% concentration) supplemented with few drop of liquid soap for 20 min then the seeds washed five times with sterilized distil water to remove the trace of sterilization material, all this steps were carried out under the laminar air flow cabinet. Finally the seed were dried in sterilized tissue filter paper.

2.4 IN VITRO CULTURE

The disinfected seeds were inoculated in to culture jars, containing 25 ml MS medium, this process was carried out under sterilized condition , the inoculated tubes were incubated for about ten days in $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature, under 16 h light and 8 h dark.

2.5 PREPARATION OF EXPLANTS

Three type of explants from in vitro micro plant namely cotyledon hypocotyls and root segment explant used for callus induction, laminar air flow chamber was sterilized overnight by UV light, then double sterilized with (70%) alcohol, micro plant carried out in filter paper and cutting to cotyledons , hypocotyls and roots segment, different explants were excised and cultured on MS medium supplemented with two types of auxin 2,4-D and NAA at different concentration (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mg/l)

2.6 CULTURED INCUBATION CONDITIONS

All cultures were maintained at $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ under 16/8h light/dark condition and 1000 lux cool light provided by florescent lamps.

2.7 CALLUS INDUCTION

Three explants used in this study were segmented from in vitro micro plant, the explants were inculcated in culture jars contain 25 ml MS medium supplemented by different concentration of hormones, 2,4-D and NAA were used at different concentration (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mg/l), the cultured were maintained in growth room at 25°C in 16/8 h light/dark, the day of callus initiation recorded at time, and the final data were determined after four weeks of cultured including callus percentage, color, texture and callus degree.

2.8 STATISTICAL ANALYSIS

Data obtained are, day of callus initiation, callus color, callus texture and callus degree, the callus degree were subjected to statistical analysis using stander error; means presents average $\pm$ stander error [7].

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 STERILIZATION OF SEEDS AND MEDIA

The surface sterilized seeds exhibited 100%, sterilization and 100% survival rate. The sterilization frequency is around 100% and the survival rate about 99%, after ten days of culture (Fig 1)

3.2 CALLUS INDUCTION

For callus induction, in vitro micro plant, ten day old is used as source of explant. Cotyledon leaf, hypocotyls, and roots segment explants were cultured on MS media supplemented with 2,4-D and NAA at different concentration (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mg/l) as shown in Table 1.

Root and hypocotyls explants became larger after three days of culturing, and the first sign of callus production was observed approximately in about three to six days as general, this finding is in agree with Dagustu et al [8].

The callus was induced in all MS media containing 2,4-D, callus percentage induced by hypocotyls was between 81-100%, callus percentage from cotyledons was between 81-100% and from roots was between 93-100%. The results indicated that MS media supplemented with 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mg/l 2,4-D is quite suitable for callus induction from roots, hypocotyls and cotyledons explants at different auxin concentration, the callus induction by hypocotyls was between 81-100%, the finding in agree with Ozyigit et al [9].

Highest callus degree (3.44 ± 0.12) was produced by cotyledon at MS media fortified with 1.5 mg 2,4-D (Fig 2), followed by (3.25 ± 0.14) induced by hypocotyls in MS media supplemented by 2.0 mg/l 2,4-D, the finding is in agree with Inoka and Dahanayake [10].

In concise with this result, in different plants, Potato plant, high concentration of auxins (2,4-D) alone or in combination with cytokinins (BA or TDZ) at low concentration, was numerously used for callus induction by khadiga et al [11]; Mutasim et al [12]; Trigonellafoenum-graecumL plant by Khadiga et al [13]; in different medicinal plant by khadiga et al [14]; [15]; and [16].

The texture and color of callus induced by 2,4-D varied depend on explants, cotyledon explant induce granular creamy color callus, hypocotyl obtained watery yellow color callus, while root segment explant exhibit granular brown color callus. On MS media fortified with NAA cotyledon leaf explant obtained was watery green color callus, hypocotyl explant granular green color callus with root induction was observed, while root segment explant exhibited brown watery callus with root induction. In MS media fortified with NAA, callus percentage induce by hypocotyls and roots about 100%, from cotyledon was about 31-100%, the finding is agree with Ozyigit et al [17].

Higher callus degree induce in MS media supplemented with NAA was (3.25 ± 0.11), induced in MS fortified with 2.0 mg/l, the texture is varied depend to explants also, it is granules and watery in addition to production of root in most treatments, it is granules with hypocotyls and watery with Cotyledon and root. Callus color is varied, it was white greenish to green in cotyledons, white to green with hypocotyls, and brown with roots. These finding is dis agree with Pandurang et al [18].

Varied results explained by Pandurang et al [18], NAA did not favored much callus induction at any of the concentration used, the variation may be due to the different of plant variety.

Callus obtained at all concentration of NAA by all explants formed high rooting. the cotyledon forming roots in 1.0-2.0 mg/l treatment, but hypocotyls and roots forming root plus callus at 0.5-2.0 mg/l NAA treatment (Fig 3 and 4).

Table 1. Effects of different concentrations of 2,4, dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) and Naphthalene Acetic Acid (NAA) on callus induction from cotyledon, hypocotyls and roots segment explant of the sunflower.

Growth regulators mg/l	Day of callusing	Percentage of callusing	Texture of callus	Callus color	Degree of callus
Cotyledon					
2,4-D 0.0	-	-	-	-	00.00
2,4-D 0.5	6	81.25%	Granules	Creamy	0.33± 0.11
2,4-D 1.0	5	100%	Granules	Creamy	1.38± 0.20
2,4-D 1.5	3	100%	Granules	Creamy	3.44±0.12
2,4-D 2.0	4	100%	Granules	Creamy	3.06±0.23
NAA 0.0	0	0.0%	-	-	00.00
NAA 0.5	6	31.25%	Watery	Green	0.63±0.18
NAA 1.0	6	62.5%	Watery	Green	0.15±0.14
NAA 1.5	5	93.75%	Watery+ root	Greenish	3.00±0.15
NAA 2.0	5	100%	Watery+ root	Greenish	1.31±0.18
Hypocotyls					
2,4-D 0.0	-	-	-	-	00.00
2,4-D 0.5	5	81.25%	Watery	Yellow	2.38±0.31
2,4-D 1.0	5	100%	Watery	Yellow	3.00±0.24
2,4-D 1.5	4	100%	Watery	Yellow	2.94±0.11
2,4-D 2.0	3	100%	Watery	Yellow	3.25±0.14
NAA 0.0	0	0.0%	-	-	00.00
NAA 0.5	5	100%	Granules	Green	2.06±0.17
NAA 1.0	5	100%	Granules+ root	Green	2.69±0.15
NAA 1.5	4	100%	Granules+ root	Green to white	3.00±0.06
NAA 2.0	4	100%	Granules+ root	Green to white	3.25±0.11
Root					
2,4-D 0.0	-	-	-	-	00.00
2,4-D 0.5	4	93.75%	Granules	Brawn	2.13±0.20
2,4-D 1.0	4	100%	Granules	Brawn	3.00±0.00
2,4-D 1.5	3	100%	Granules	Brawn	3.00±0.00
2,4-D 2.0	3	100%	Granules	Brawn	3.00±0.00
NAA 0.0	0	0.0%	-	-	00.00
NAA 0.5	5	100%	Watery	Brown	1.63±0.30
NAA 1.0	5	100%	Watery+ root	Brown	2.50±0.15
NAA 1.5	4	100%	Watery+ root	Brown	3.00± 0.11
NAA 2.0	4	100%	Watery + root	Brown	3.13±0.15



Figure 1: Establishment of sterile in vitro Sun flower micro plant



Figure 2: Callus induction from cotyledon explant in MS media supplemented by 1.5 mg/l 2.4-D

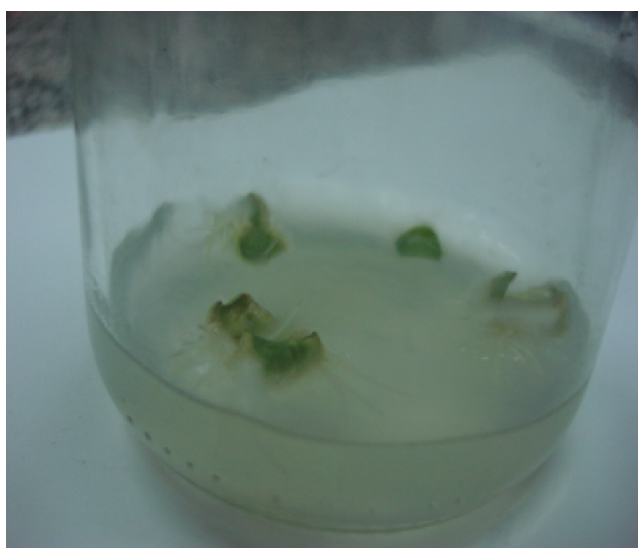


Figure 3: Callus induction from hypocotyl explant in MS media supplemented by 0.5 mg/l NAA

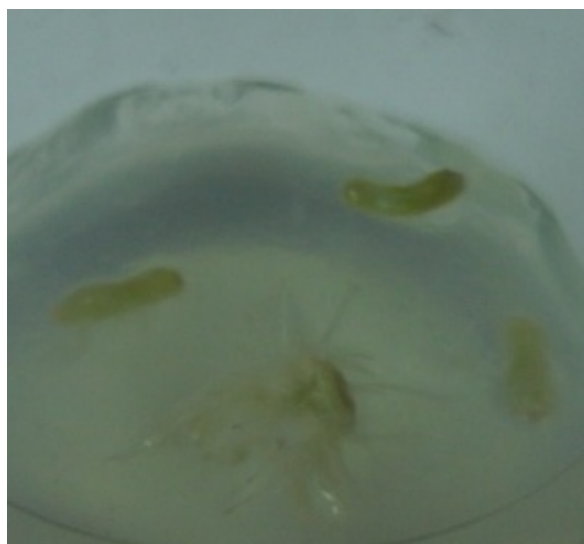


Figure 4 Callus induction from hypocotyl explant in MS media supplemented by 2.0 mg/l NAA.

4 CONCLUSION

In conclusion, callus was obtained from hypocotyl, cotyledonary leaf and root segments explant. Maximum callus degree was (3.44 ± 0.12) , induced by cotyledon explant on MS media fortified by 1.5 mg/L 2,4, D within three day. This protocol has capability for large scale production of phytochemical screening of medicinal plant.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are thankful to the Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, AL Neelain University, Sudan, for providing laboratory facilities.

REFERENCES

- [1] M. Ikeda, M. Matsumura, H. Kamada, "Suitability of small and branching sunflower varieties and their transformation by Agrobacterium infection," *Plant Biotechnology*, vol. 22, no. 2, pp. 97-104, 2005.
- [2] G. Seiler, "Utilization of wild sunflower species for the improvement cultivated sunflower," *Field crop research*, no.30, pp.191-194, 1992.
- [3] D. Skoric, "Wild species use in sunflower breeding results and future direction," *plant genetic resources Newsletter*, no.93, pp.17-23, 1993.
- [4] S. Weber, R. Horn, W. Friedt, "High regeneration potential in vitro of sunflower (*Helianthus annuus* L.), lines derived from interspecific hybridization," *Euphytica*, vol.116, no. 3, pp.271-280, 2000.
- [5] T. Elavazhagan, S. Jayakumar, C. Chitravadivu and V. Balakrishnan, "in vitro culture and cytological studies on *Helianthus annuus* L.," *Botany research international* vol.2, no. 4, pp.258-262, 2009.
- [6] T. Murashige, F.A. Skoog, "revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures," *Physiologia Plantarum*, no.15, pp. 473-497, 1962.
- [7] G.W. Snedecor, and Cochran "Statistical methods Univ," Press, Iowa state, Pp 189-199, 1967.
- [8] N. Dagustu, P. Fraser, E. Enfissi, "Screening for high callus induction and agrobacterium-mediated transformation of sunflower (*Helianthus annuus* L.)," *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, vol. 22 no.4, pp. 933-937, 2008.
- [9] I. Ozyigit, N. Gozukirmizi, and D.B. Semiz, "Genotype Dependent Callus Induction and shoot regeneration in sunflower," *African journal of biotechnology*, vol. 6 no. 13, pp. 1498-1502, 2007.
- [10] K. Inoka and N. Dahanayake, "Effect of plant growth regulators on micropropagation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)," *International Journal of Scientific and Research Publications*, Vol. 5, no. 1, pp. 01-05, 2015.
- [11] G.A. Khadiga, S.M, Rasheid and M. Kh. Mutasim, "Effect of plant growth regulators on callus induction and plant regeneration in tuber segment culture of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Diamant," *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, no. 11, 2529-2534, 2009.

- [12] M. Kh Mutasim, G. A Khadiga, and S. M Rasheid, "CALLUS FORMATION AND ORGANOGENESIS OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) CULTIVAR ALMERA," *Phytology*, vol. 2, no. 5, pp. 40–46, 2010.
- [13] G.A. Khadiga, M. A. Magda and A. E. S. BadrEldin, "Study of the in vitro callus induction *Trigonella foenum-graecum* L. from cotyledons and hypocotyls explants supplemented with various plant hormones," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 3, no. 12, pp. 486-493, 2014.
- [14] G. A. Khadiga, M. A. Magda and G. O. Reham, "Callus induction from cotyledon explant of *Calotropis procera* using 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid (2,4- D) and Naphthalene Acetic Acid(NAA) ," *International Journal of Current Research and Academic Review*, vol. 3, no. 2, pp. 159-166, 2015.
- [15] G . A. Khadiga, M. A. Magda, and A. E. A. Afarah, "Regulation of Callogenesis using Cotyledon and Hypocotyls explants of *Cassia senna* ," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 14, no. 1, pp. 49-54, 2015.
- [16] G . A. Khadiga, M. A. Magda, and Kh. M. Moawiya, "Effect of Explants and Plant Growth Regulators on Callus Induction in *Ricinus communis* L. ," *Research Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, 2015.
- [17] Ozyigit II Gozukirmizi N, Semiz BD, "callus induction and plant regeneration from mature embryos of sunflower. Russ," *Journal of Plant Physiology*, 53(4), 621-624, 2006.
- [18] C. Pandurang, S. Devindra and R. Srinath, " Introduction of callus from various explants and regeneration of plantlets in Sunflower (*Helianthus annuus* L) Var APSH-1," *Journal of crop science*, vol. 3, no. 3, pp. 87-89, 2012.

Paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve dans le bassin sédimentaire du Moungo (Ouest Cameroun)

[Paleoenvironment of implementing terrigenous clastic facies of the formation of Mungo-river in the sedimentary basin of Mungo (West Cameroon)]

Christel Kemteu SOBDJOU¹, François Bidzang NDONG¹, and Joseph Mvondo ONDOA²

¹Institut de Recherches Géologiques et Minières, BP : 4110 Nlongkak, Yaoundé, Cameroun

²Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé 1. BP 812, Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2015 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 bit to contribute to the study of the sedimentary Formation of the Mungo series, studies on the Mungo river Formation was effectuated in this work. The reconstitution of the paleoenvironment in which the formation was put to place has been done based on six analyses: granulometrical, morphoscopic, heavy mineral, thin section analyses, as well as mineralogical and chemical analyses by x ray diffractometry and fluorescence respectively.

From the granulometrical analyses, plurimodal histograms are indications of multiple sources of sediments. The granulometrical curve show low gradient. The sediments are therefore very poorly to poorly sorted. The morphoscopical analyses reveals the presence of: quartz grains that has not been worn out (53%), having been eroded from proximal source rocks (short transport); sub spherical and shiny quartz grains (44%) having been subjected to an averagely long transportation; spherical and shiny quartz grains (3%) having been subjected to relatively long transportation. The heavy mineral analyses reveal a variety of heavy minerals: pyroxene, rutile, tourmaline, zircon, are indications that part of the sediments came from magmatic source rocks; also, the presence of andalousites is indicative of a metamorphic source rock. The examination of thin sections reveals that the rocks are essentially lithic arkose and litharenites which are respectively less consolidated and averagely consolidated. The x ray diffractometry on a clay facies reveals that it is made up mostly of clay sized particles rather than clay minerals (i.e made up mostly of quartz and hematite with kaolinite being the only constitutive clay mineral). A chemical analysis by x ray fluorescence has unraveled the major and trace element contents of the clay facies. The paleoenvironmental context in which the terrigenous detritic facies of the Mungo river Formation was put to place could have been fluvio-deltaic to shallow marine. At a larger scale, the paleoenvironment of deposition of the Mungo series could have been fluvial to fluvio-deltaic and shallow marine.

KEYWORDS: Mungo-river, paleoenvironment, fluvio-deltaic, terrigenous detritic facies.

RESUME: Cet article est une contribution à l'étude des formations sédimentaires de la série du Moungo au Cameroun. Il s'agit de reconstituer le paléoenvironnement de mise en place de cette formation à partir des analyses granulométrique, morphoscopique, minéraux lourds, lames minces de roches, minéralogique et chimique respectivement par diffractométrie et fluorescence de rayons x.

La granulométrie a montré des histogrammes principalement plurimodaux, suggérant ainsi une multiplicité de sources des sédiments. Les courbes granulométriques obtenues ont présenté une faible pente et un étalement, preuve que les sédiments sont très mal classés, et mal triés.

La morphoscopie a présenté des grains de quartz non usés (53%), érodés des roches mères situées non loin du milieu de dépôt et qui ont subi un court transport (dépôts proximaux); des grains de quartz sub-émoussés luisants (44%) qui ont subi un transport moyen; des grains de quartz émoussés luisants (3%), érodés des roches mères situées loin du milieu de dépôt.

et qui ont subi un long transport. Les minéraux lourds qui ont été trouvés dans les sédiments sont variés. Le pyroxène, le rutile, la tourmaline et le zircon suggèrent qu'une partie du sédiment provient des roches magmatiques. L'andalousite suggère qu'une partie du sédiment provient des roches métamorphiques. Les lames minces de roches ont présenté une arkose lithique et un litharénite respectivement peu consolidée et moyennement consolidée. Le diffractogramme de rayon x a montré un faciès argileux majoritairement constitué d'argiles granulométriques : le quartz et l'hématite. La kaolinite est la seule argile vraie observée. L'analyse chimique à la fluorescence de rayon x a permis d'identifier les éléments majeurs et traces du faciès argileux. En effet, le paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve aurait été fluvio-deltaïque à marin restreint.

MOTS-CLEFS: Moungo-fleuve, Paléoenvironnement, fluvio-deltaïque, faciès détritiques terrigènes.

1 INTRODUCTION

Le bassin de Douala/Kribi-Campo s'étend sur une superficie de 19.000km², dont 7.000km² en onshore [1]. Le sous-bassin de Douala se localise entre 03° et 04°30' de latitude Nord et 09°20' et 10°20' de longitude Est (Figure 1a). Il est limité au Nord et au Nord-Ouest par les hautes terres de l'Ouest, au Sud par le sous-bassin de Kribi-Campo, à l'Est et au Nord-Est par le plateau sud-camerounais, et il se prolonge à l'Ouest sous les eaux du golfe de Guinée. Le secteur d'étude appartient à la partie nord onshore du sous-bassin de Douala, entre les parallèles 04°30' et 04°38' de la latitude Nord et les méridiens 09°29' et 09°35' de la longitude Est.

Au Cameroun, deux principaux types de bassins sédimentaires sont distingués : les bassins continentaux intraplaques, de type cratonique dans l'Extrême-Nord (bassin du Logone Birni), et de type rift intracontinental au Nord (bassins de Kontcha, de la Bénoué, de la Mbéré, de la Vina, de Babouri Figuil, du Mayo Oulo Léré, d'Hama Koussou et de Koum [2] et au Sud-Ouest (le bassin de Mamfé) ; puis les bassins épicontinentaux de type marge passive (les bassins côtiers de Campo, de Douala et du Rio-del-rey) qui présentent une partie continentale émergée (onshore) et une partie immergée (offshore).

Le bassin de Douala/Kribi-Campo s'étend le long du golfe de Guinée et constitue une extension au Nord des bassins ouest africains [3]. Ce bassin est subdivisé en deux sous-bassins que sont : le sous-bassin de Douala au Nord, et le sous-bassin de Kribi-Campo au Sud. De nombreuses études ont été effectuées dans le sous-bassin de Douala par des personnes morales (Compagnies Pétrolières : Serepca, Elf, Perenco, Pecten, Total Exploration et Production, Euroil, etc.) ; et des personnes physiques. Elles concernaient sa genèse [4], l'étude stratigraphique et structurale [5], l'étude des « grès de base » de la coupe du Moungo [6], le paléoenvironnement du bassin de Douala/Kribi-Campo [7], la mise en évidence des gisements de matériaux argileux dans le bassin de Douala/Kribi-Campo [8]. La série sédimentaire du sous-bassin de Douala est surtout connue grâce aux forages d'explorations pétrolières. Cependant, l'affleurement d'une succession sédimentaire dans la vallée du fleuve Moungo offre ainsi l'occasion d'une étude sédimentologique détaillée sur des coupes terrestres d'une formation crétacée du sous-bassin de Douala. Cet article se propose de faire une analyse sédimentologique des faciès gréseux et argileux de la succession sédimentaire crétacée du Moungo-fleuve située au Nord-Nord-Ouest du sous-bassin de Douala, afin d'améliorer la compréhension des conditions de mise en place de ce corps sédimentaire.

2 MATERIEL ET METHODES

Le repérage de la série du Moungo a été possible grâce à la carte géologique de reconnaissance DOUALA-OUEST au 1/500.000 ; les cartes topographiques BUEA-DOUALA 3b et 4a au 1/50.000 ont permis de circonscrire le domaine prospecté. Le travail sur le terrain a consisté au rafraîchissement des surfaces, à décrire et à échantillonner, la description macroscopique des affleurements (morphologie, extension latérale, épaisseur des couches, couleur, stratigraphie, pendage) ; l'établissement des colonnes lithologiques ; la localisation des prises d'échantillons, à la fois dans le temps (position dans une succession lithologique) et dans l'espace (position de la coupe du domaine sédimentaire au sein du bassin) et la conservation des échantillons dans des sacs plastiques portant des labels en vue d'éviter toute contamination à l'aide des outils de pointe. Au laboratoire, Les échantillons (RGF₂, DMD₁, BD₁, BD₂, BD₃, BD₄, BD₅, BD₆, GVM₁, GVM₂, TF₂, TF₃, TF₄) prélevés sur le terrain sont triturés et séchés à l'étuve à 110°C pendant 24h. Chaque échantillon bien séché et mélangé est divisé en quatre parties. Deux parties opposées diagonalement sont de nouveau mélangées. Chaque échantillon de 200 g de sédiment est trempé dans l'eau et trituré à la main. Le lavage s'effectue sous un filet d'eau de robinet et au-dessus d'un tamis de 50 µm pour éliminer la fraction fine (< 50 µm). Le refus, dont la taille des grains est supérieure à 50 µm est recueilli pour les analyses. Le sédiment lavé (refus) est séché à l'étuve pendant 24 heures, puis pesé de nouveau à l'aide d'une

balance électronique de précision, dans le but de déterminer la masse et le pourcentage massique de sable. Les méthodes d'analyse granulométrique utilisées sont celles décrites par [9] et par [10]. Elle s'effectue en deux étapes à savoir : le tamisage, et la densimétrie lorsque les grains sont très petits. Dans le cadre de la présente étude, chaque fraction a été portée sur un jeu de tamis calibrés et emboîtés les uns sur les autres en colonnes, disposés du haut vers le bas comme suit : 2,000mm-1,600mm-1,250mm-1,000mm-0,800mm-0,500mm-0,315mm-0,250mm-0,200mm-0,160mm-0,125mm-0,080mm-0,063mm-0,050mm. Le classement des grains est tracé sous forme d'une courbe dite courbe granulométrique. Les histogrammes sont obtenus en portant les pourcentages simples des grains sur l'axe des ordonnées et les diamètres des tamis sur l'axe des abscisses. Après lavage à l'eau, à l'acide chlorhydrique dilué à 10% à chaud et tamisage des grains de sable (>50 µm), trois fractions granulométriques sont retenues par échantillon pour examen à la loupe binoculaire. Les différentes fractions retenues dans la présente étude sont les suivantes : 2,000mm à 1,250mm ; 1,250mm à 0,315mm ; 0,315mm à 0,160mm. Pour une bonne analyse statistique, 50 grains de quartz sont examinés par fraction granulométrique.

Les méthodes utilisées pour l'étude des minéraux lourds sont celles préconisées par [11] et [12]. Les lames minces étudiées ont été confectionnées à l'atelier des lames minces de l'I.R.G.M. à Nkolbisson et analysées aux laboratoires de Géologie du Sédimentaire et du Pétrole et de Géodynamique Interne, du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I. Les analyses minéralogiques par diffractométrie au rayon X ont été effectuées au laboratoire d'analyse de la MIPROMALO sur un diffractomètre D8 Bruker Advance, à flux gazeux avec anode en cuivre (CuK α), de $d=1,5418 \text{ \AA}$ (énergie 40 KV). Les analyses chimiques des éléments majeurs et traces ont été effectuées sur l'échantillon argileux TFR₂ au laboratoire d'analyse de la MIPROMALO. L'appareil utilisé est le spectromètre de fluorescence X de type Bruker S4 PIONEER, à tube à anode au Rhodium (Rh). L'étalonnage est fait à l'aide d'une série internationale de standard. Lors de la mesure des sensibilités relatives, les limites de détection se situent à environ 0,01% pour les éléments majeurs et de 0,4 à 4 ppm pour les éléments traces.

3 CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.1 FORMATION DU SOCLE

Le socle précambrien est constitué d'une association des schistes cristallins (ectinites et migmatites), des granites intrusifs syntectoniques anciens, des gneiss à biotite et amphibole. Ces matériaux constituent la bordure septentrionale du craton du Congo, remobilisée et restructurée à l'éburnéen [13],[14],[15]. Dans la vallée du fleuve Moungo, le socle qui affleure à Bouba Waterfall est mylonitisé.

3.2 FORMATION SEDIMENTAIRE

Le sous-bassin de Douala présente une lithostratigraphie (Figure 1b) répartie ainsi :

3.2.1 CRETACE INFÉRIEUR

Le terme « grès de base » désigne les formations basales du bassin de Douala/Kribi-Campo et caractérise un lithofaciès détritique terrigène et diachrone. Ce lithofaciès est constitué par des conglomérats polygéniques, des grès arkosiques et des argiles schisteuses, affleurant sur la bordure nord du bassin et reposant en discordance sur le socle. Le « grès de base » est structuré du Sud vers le Nord du bassin en quatre séries sédimentaires diachrones: les séries de Campo, de Loungahé, de la Dibombé, et du Moungo. Dans la formation du Moungo-fleuve, le faciès « grès de base » est épais d'environ 900 mètres [5]. A partir des données palynologiques, la datation du « grès de base » a permis de savoir que son âge passe progressivement de l'Apto-Albien au Cénomanién supérieur, du Sud (Campo) au Nord (rive droite du Moungo). Ceci est une preuve du diachronisme Sud-Nord [5].

3.2.2 CRETACE SUPÉRIEUR

Le Turonien n'affleure qu'en bordure nord du sous-bassin de Douala, dans la vallée du Moungo et au Sud de Mbanga, où il surmonte le « grès de base ». Ses formations sont riches en Ammonites, et constituées des faciès d'argiles sableuses à rares intercalations calcaires. Le Coniacien est représenté par des grès et parfois des calcaires, recouverts d'argiles sableuses fossilifères dans la vallée du Moungo. Le Santonien est constitué des grès et sables à intercalations marno-calcaires, à Ammonites. Le Campanien est représenté dans la vallée du Moungo par des calcaires gréseux et des argiles schisteuses. A Logbadjeck, il y a plutôt une alternance de calcaires gréseux, de calcaires marneux, et de calcaires cristallins fossilifères riches

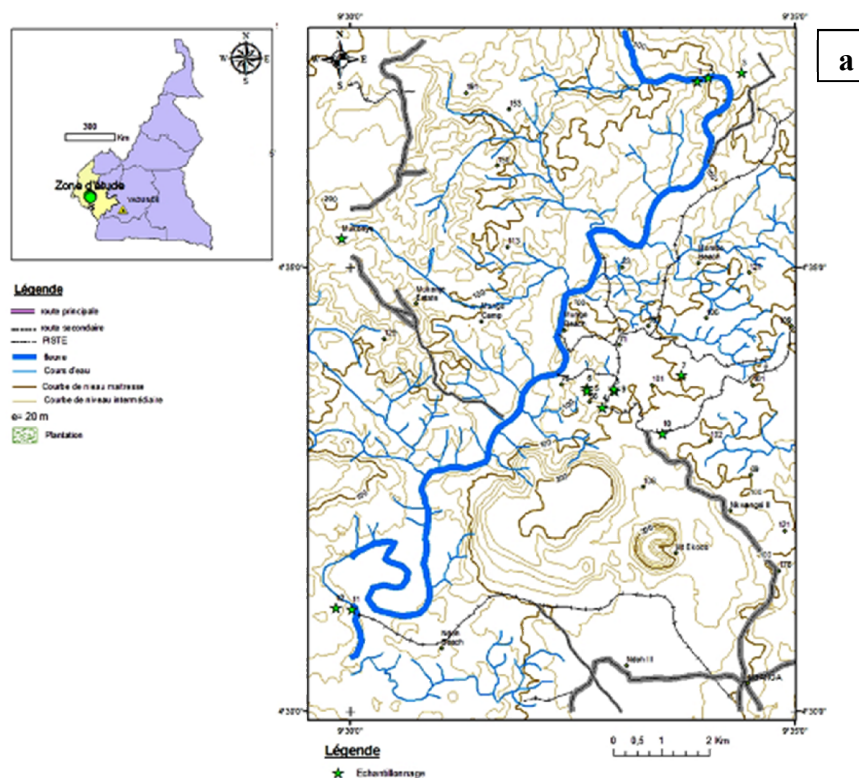
en lamellibranches et gastéropodes [5]. Le Maestrichtien est constitué d'argiles schisteuses à nodules calcaires dans la vallée du Moungo. Il est daté grâce à ses pollens identiques à ceux des « coal measures » du Nigeria, et une microfaune riche [5].

3.2.3 TERTIAIRE

Au Cameroun, le Paléocène est représenté par des faciès marins transgressifs connus dans la vallée du Moungo et à Dizangué. Il affleure sur une large bande d'environ 18km. Il est discordant sur le Maestrichtien dans la moitié nord du bassin de Douala/Kribi-Campo, et sur le socle dans la moitié sud. Ses faciès sont des schistes argilo-calcaires et des grès ferrugineux grossiers à stratification entrecroisée, riches en foraminifères [5]. L'Eocène est marqué par des argiles schisteuses, des grès calcaires ou marneux et des marnes. L'Oligocène est représenté de bas en haut par : des argiles noires ou brunes avec quelques petits bancs gréseux, des sables argileux à fines intercalations calcaires, des sables et des graviers alternant avec des argiles plastiques. Le Mio-Pliocène ou Néogène est constitué par des faciès marins régressifs. Il s'agit de sables et d'argiles colorées reposant en discordance sur l'Oligocène.

3.2.4 QUATERNAIRE

Il est représenté par des dépôts estuariens constitués d'une alternance de sables fluviaux souvent grossiers, de vases et de limons estuariens. Il s'agit des sables côtiers, des vases noires des mangroves et des alluvions fluviales. Ces faciès se sont accumulés sur une grande épaisseur en continuité avec des dépôts Pliocène et jusqu'à la période actuelle (Figure 1b).



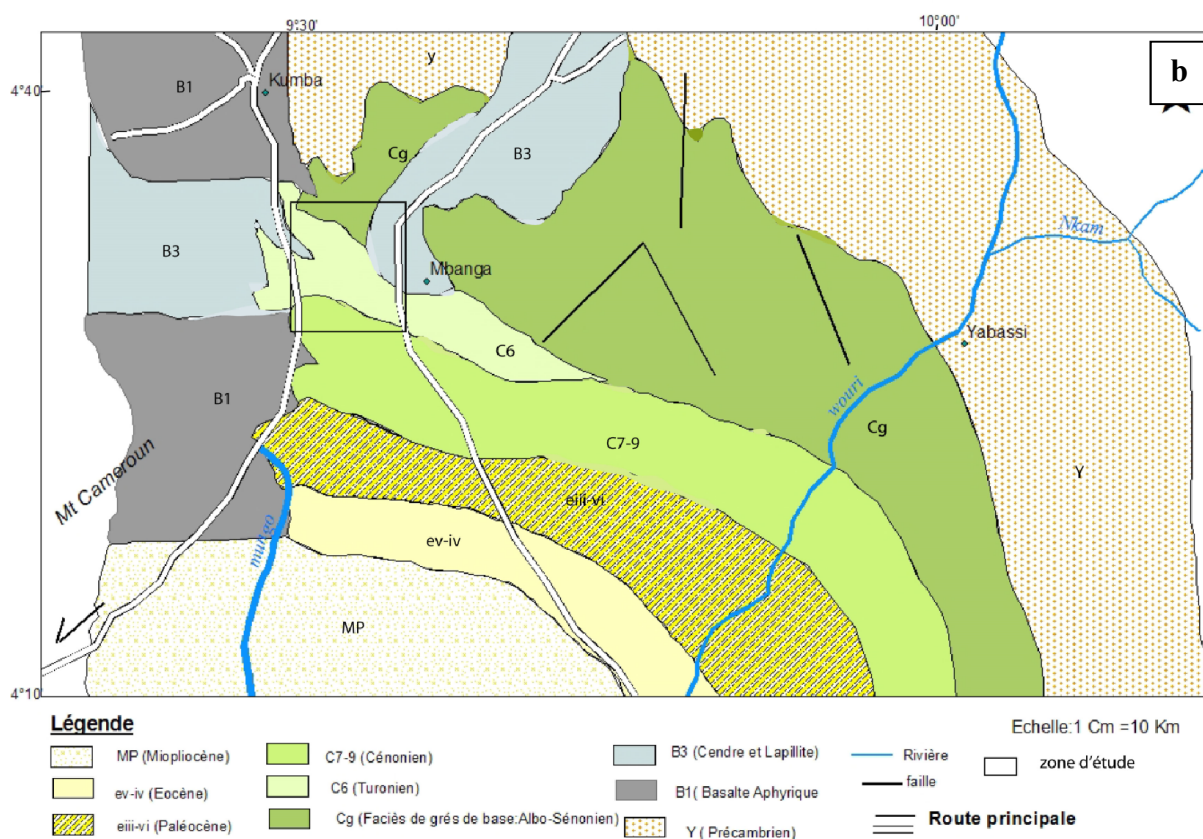


Fig. 1 : (a) Carte topographique du site exploré montrant les différents points d'affleurement visités. (b) Carte géologique du sous-bassin de Douala [16], montrant la zone d'étude.

4 RESULTATS

Le tableau 1 et la figure 1a donnent les informations sur les principaux affleurements visités sur le terrain.

Tab.1 : Description des affleurements visités sur le terrain

Sites de prélèvement	Coordonnées	Types et numéros d'échantillons	
Versant de la rive gauche du fleuve Moungo, à Bouba Waterfall	N 04° 37' 9" E 09° 34' 2"	<u>Socle mylonitisé</u> RGF ₁	<u>Grès</u> RGF ₂ RGF ₃ RGF ₄
Rivière Di mi djong, à Bouba Waterfall	N 04° 37' 12" E 09° 34' 24"	<u>Grès</u> DMD ₁	
Lieu dit Bamdoun, dans le village Moundeck	N 04° 33' 25" E 09° 32' 50"	<u>Grès</u> BD ₁ , BD ₂ , BD ₃ , BD ₆	<u>Argiles</u> BD ₄ , BD ₅
Lit de la rivière Moundeck	N 04° 33' 37" E 09° 32' 40"	<u>Grès</u> LRM ₁ , LRM ₂	
Grotte du village Moundeck	N 04° 33' 37" E 09° 32' 59"	<u>Grès</u> GVM ₁	<u>Argiles</u> GVM ₂ , GVM ₃
Lit de la rivière Nsolo, dans le village Moundeck	N 04° 33' 8" E 09° 33' 31"	<u>Argile</u> LRN ₁	
Tranchée fluviale de la rive gauche, en dessous du pont ferroviaire sur le Moungo	N 04° 31' 9" E 09° 30' 2"	<u>Argiles</u> TF ₁ , TF ₂	<u>Grès</u> TF ₃ , TF ₄
Tranchée ferroviaire du côté gauche, après le pont sur le fleuve Moungo en allant vers Kumba	N 04° 31' 10" E 09° 29' 51"	<u>Argiles organiques</u> TFR ₁ , TFR ₂ , TFR ₃ , TFR ₄ , TFR ₅	

4.1 GRANULOMETRIE

Les résultats granulométriques (Figure 3) présentés ci-dessous ont été obtenus des échantillons : RGF₂ et DMD₁ de Bouba waterfall ; BD₁ et BD₂ du village Moundeck ; TF₃ et TF₄ de la tranchée fluviale de la rive gauche, en dessous du pont ferroviaire sur le fleuve Moungo représentant l'ensemble des différents faciès observés sur le terrain. Une Analyse des histogrammes granulométriques a été effectuée afin de déterminer les modes et les médianes des échantillons. Le mode est la classe granulométrique où se localise le plus grand pourcentage des grains, et la médiane est la taille moyenne des grains. Les histogrammes sont tous plurimodaux. Le mode principal est de 0,500 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est comprise entre 0,500 mm et 0,080 mm pour les échantillons RGF₂ et DMD₁ de Bouba waterfall ; Le mode principal est de 0,315 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est située entre 0,315 et 0,080 mm pour l'échantillon BD₁ ; Le mode principal est de 0,500 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est comprise entre 0,500 et 0,080 mm pour l'échantillon BD₂ du village Moundeck . Le mode principal est de 0,080 mm et le mode secondaire est de 0,315 mm. La médiane se situe entre 0,315 et 0,080 mm pour l'échantillon TF₃ ; Les modes principal et secondaire sont respectivement 0,500 mm et 1,000 mm. La médiane est comprise entre 1,000 et 0,500 mm pour l'échantillon TF₄ du pont ferroviaire sur le Moungo.

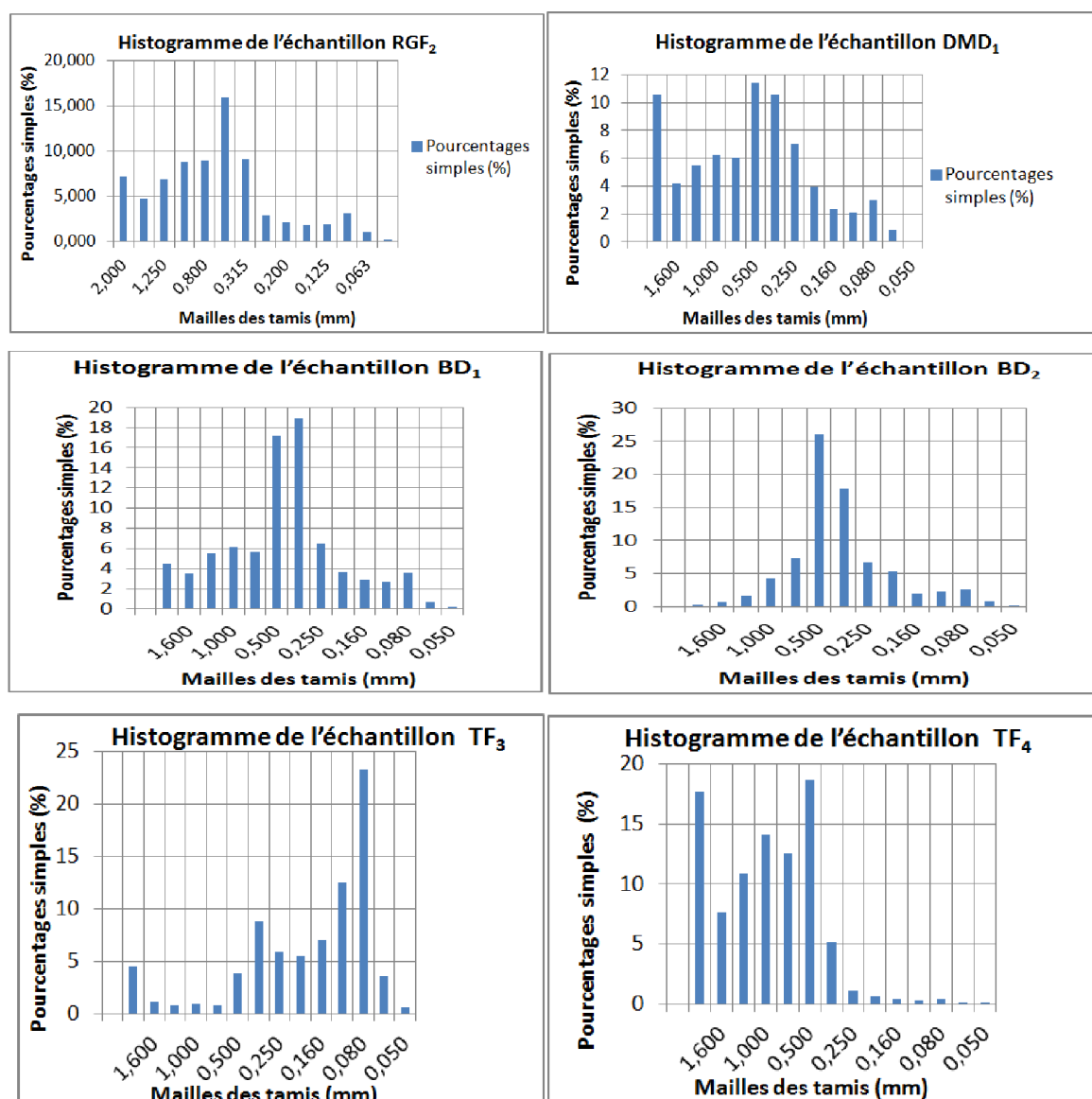


Fig. 3 : Histogrammes des fractions granulométriques des échantillons principaux

4.2 MORPHOSCOPIE

Le tableau ci-dessous (Tableau 2) illustre les types et aspects des grains de quartz obtenu par quartage dans l'ensemble du domaine prospecté soit près de 1212 grains de quartz. L'observation de ce tableau montre grosso modo des grains de quartz non usés translucides anguleux. Les sub-émoussés luisants sont moyennement représentés, alors que les émoussés luisants le sont très faiblement. Les ronds mats et ronds mats sales sont totalement absents.

Tab.2 : Types et aspects des grains de quartz des échantillons récoltés.

TYPES ET ASPECTS DES GRAINS	FRACTIONS GRANULOMETRIQUES		
	2 à 1,25 mm	1,25 à 0,315 mm	0,315 à 0,160 mm
Non usés translucides anguleux	204	225	222
Sub-émoussés luisants translucides facettes brillantes	200	162	163
Emoussés luisants translucides facettes brillantes	6	14	16
Ronds mats	0	0	0
Ronds mats sales	0	0	0

4.3 MINERAUX LOURDS

Les minéraux lourds identifiés sont : l'andalousite, le zircon, le rutile, la tourmaline, les minéraux opaques et le pyroxène. L'action en continue de l'altération sur les matériaux étudiés a contribué à la dénaturation de certains minéraux (Figure 4).

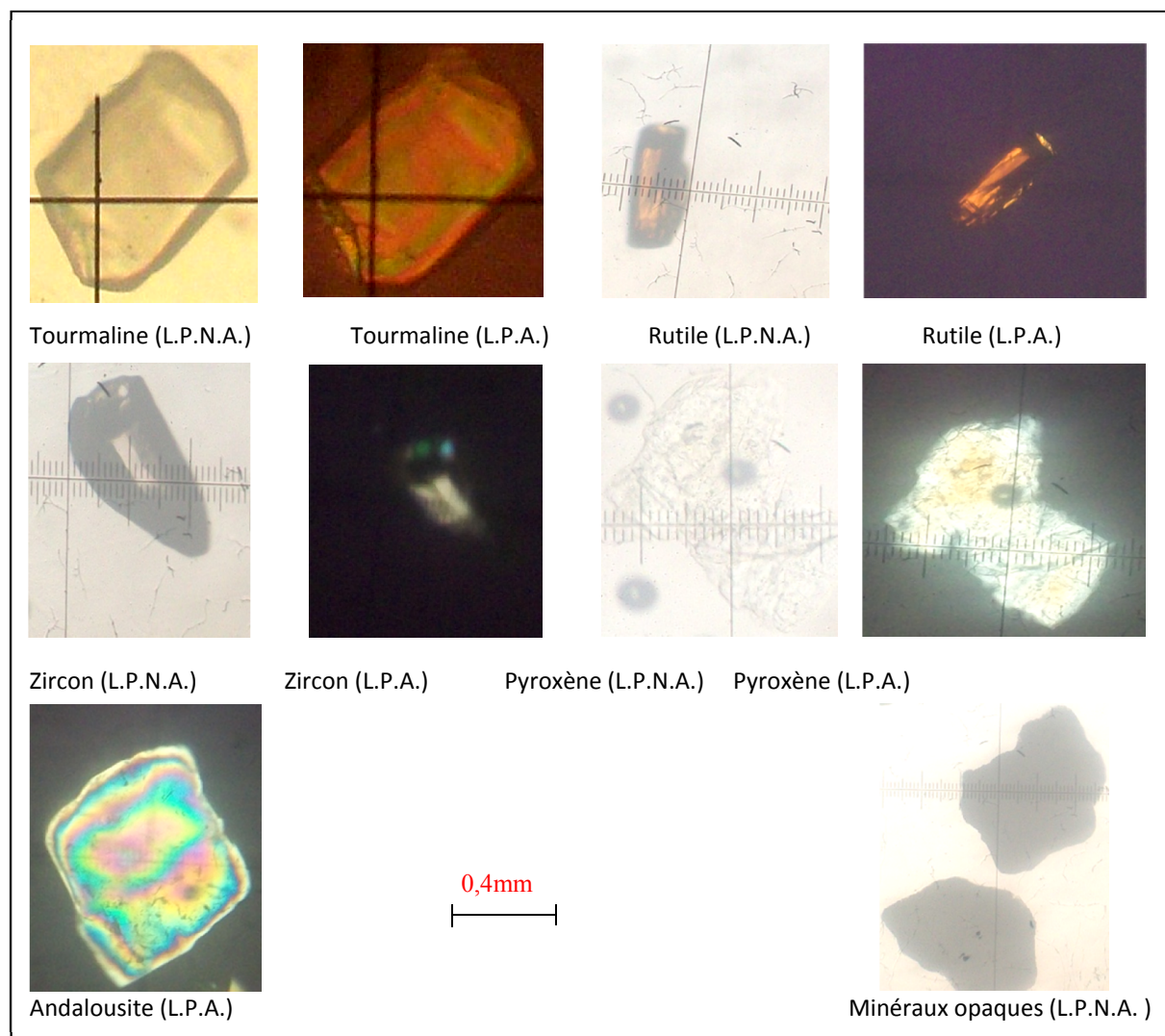


Fig. 4: Différents minéraux lourds identifiés

4.4 ANALYSE DE LAMES MINCES

Le faciès trame présente une texture clastique. Ses principaux minéraux constitutifs sont : le quartz, les feldspaths et les fragments de roches. Le quartz représente environ 60% du volume de la roche. Il a deux formes : le quartz automorphe peu abondant qui est d'origine volcanique et le quartz xénomorphe plus abondant qui est d'origine plutonique (Figure 5a). Les grains de quartz ont une taille millimétrique à centimétrique. Certains grains ont une forme allongée qui témoigne de leur origine métamorphique (Figure 5b). Les grains présentent des contacts concavo-convexe et de type suture interpénétrative, dû à la compaction physique ou à la dissolution (compaction chimique) sous l'effet de la pression (Figure 5b). La précipitation secondaire de la silice autour des grains de quartz est peu abondante. Cette silice secondaire est séparée des grains de quartz par une pellicule d'oxyde de fer (Fe_2O_3). Le ciment siliceux étant peu abondant, la roche est moyennement consolidée. L'extinction ondulante est fréquente sur les minéraux monocristallins et polycristallins. Elle témoigne que certains grains sont issus des matériaux déformés notamment par la tectonique.

Les feldspaths représentent environ 23% du volume de la roche. Les plagioclases basiques plus facilement altérables sont absents. Les plagioclases acides comme l'albite sont rares. Le feldspath alcalin sodipotassique le plus abondant est le microcline. Il présente une section sub-automorphe d'allure rectangulaire et de taille centimétrique. Il est caractérisé par deux systèmes de macles : les macles polysynthétiques de l'albite et de la péricline formant un quadrillage chatoyant fin. Les fragments de roches représentent environ 17% du volume de la roche. Ce sont des phénocristaux constitués de quartz et de

feldspaths présentant les caractéristiques sus-citées. En effet, la roche sédimentaire étudiée est le produit d'une diagenèse précoce (de faible profondeur). Le faible contact entre les grains de quartz témoigne d'une faible compaction physique, d'une faible dissolution et donc d'une faible pression. La faible dissolution a pour conséquence la précipitation restreinte du ciment siliceux. Ainsi, la roche est moyennement consolidée et formée principalement de quartz (60%), feldspaths (23%) et fragments de roches (17%). D'après [17], le grès décrit est une arénite et plus précisément une litharénite, à cause de sa richesse en fragments de roches.

Le faciès secondaire (figure 5cd) est peu consolidé et composée essentiellement de quartz (75%), fragments de roches (20%) et feldspaths (5%). D'après [17], le grès étudié est une arénite arkose et plus spécifiquement une arkose lithique.

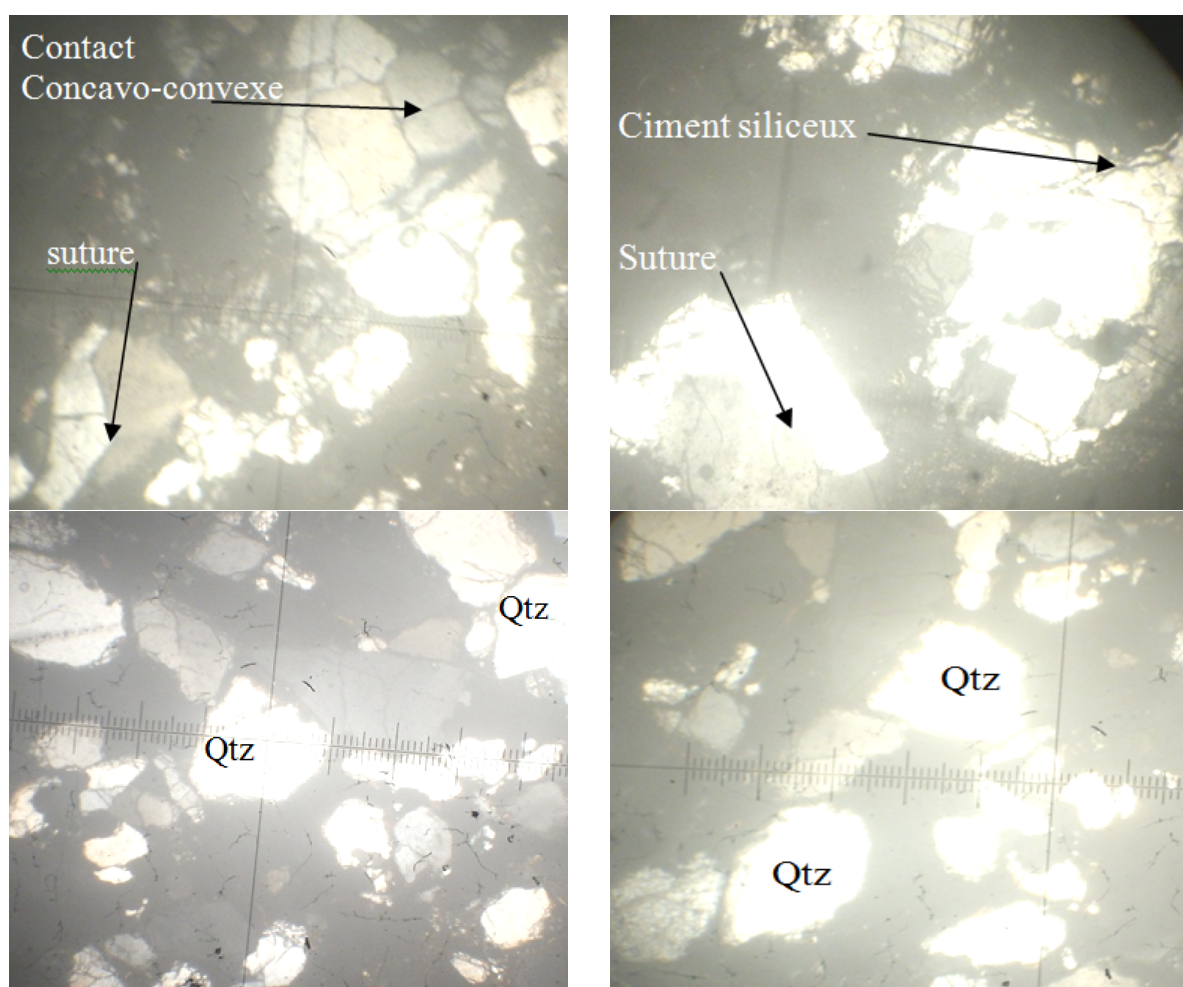


Fig. 5 : Microphotographie des échantillons de roches prélevés sur le terrain

4.5 ANALYSE MINÉRALOGIQUE

Le matériau argileux (TFR₂) analysé est celui de la tranchée ferroviaire située du côté gauche après le pont sur le fleuve Mounjo en allant vers Kumba. La reconnaissance des minéraux constituant cette argile est rendue possible grâce à l'identification des raies principales qui s'observent bien sur le diffractogramme expérimental (Figure 6) et tableau 3. L'analyse du diffractogramme de l'échantillon TFR₂ montre qu'il est surtout constitué d'argiles granulométriques. Il s'agit du quartz, de l'hématite et de la muscovite. Le quartz et l'hématite sont plus abondants que la muscovite. La kaolinite est la seule argile vraie formée en quantité aussi abondante.

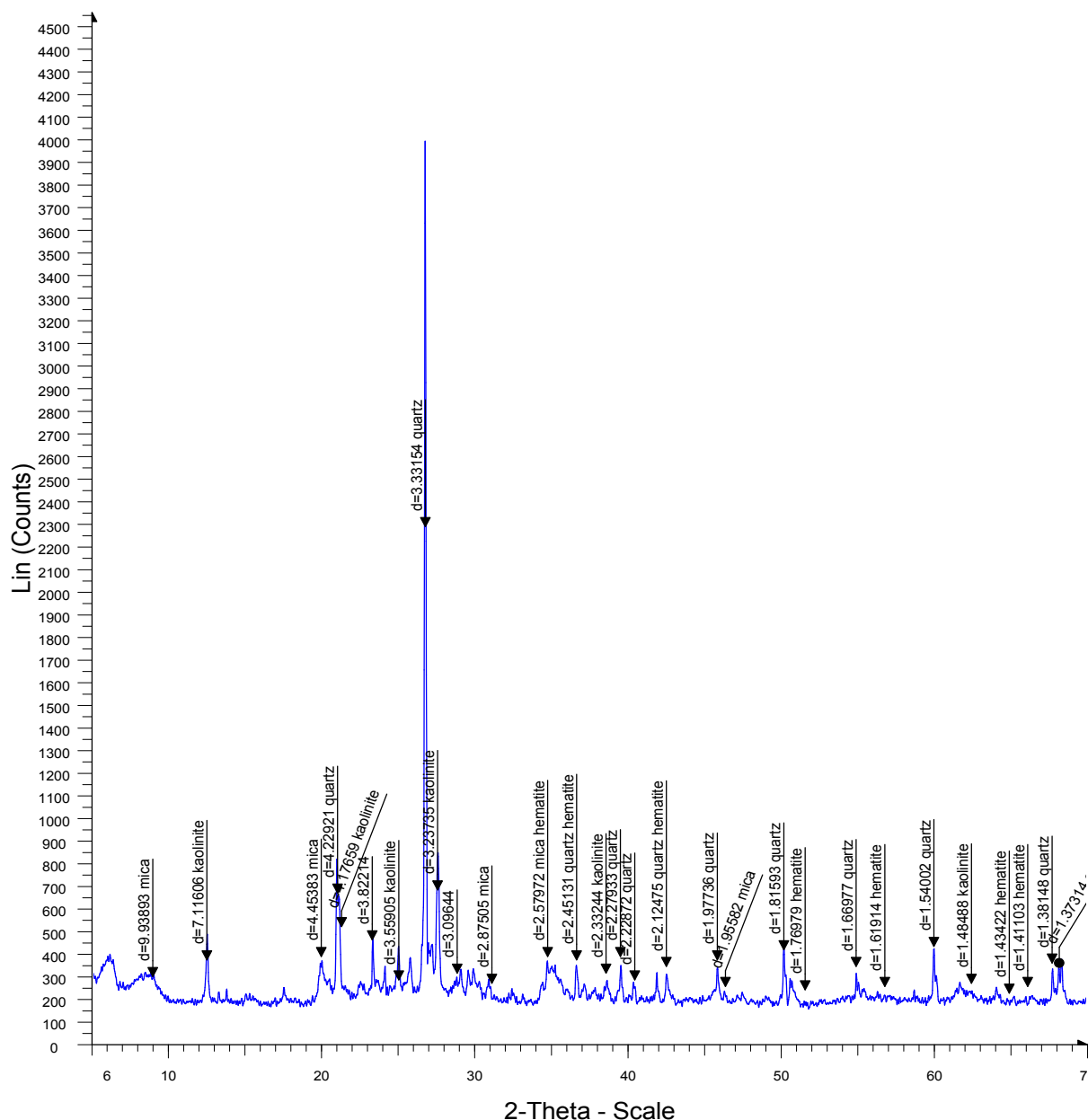


Fig. 6 : Diffractogramme de l'échantillon argileux TFR₂

Tab. 3 : Minéraux et raies caractéristiques d'identification de l'argile TFR₂

Minéraux	Raies caractéristiques										
Quartz	4,23	3,33	2,45	2,28	2,23	2,12	1,98	1,82	1,67	1,54	1,38
Hématite	2,58	2,45	2,12	1,77	1,62	1,43	1,41	-	-	-	-
Kaolinite	7,12	1,18	3,56	3,24	2,33	1,48	-	-	-	-	-
Muscovite	9,94	4,45	2,87	2,58	1,95	-	-	-	-	-	-

4.6 ANALYSE CHIMIQUE A LA FLUORESCENCE DE RAYONS X

Cette analyse permet de déterminer les éléments majeurs exprimés en pourcentages d'oxydes et les éléments en traces exprimés en partie pour million.

ÉLÉMENTS MAJEURS

Le tableau ci-dessous (tableau 4) présente les résultats des analyses chimiques de l'échantillon TFR₂. Il ressort de ce Tableau que, le silicium est de loin l'élément majeur le plus abondant. L'aluminium et le fer ont des teneurs moyennes. Le potassium, le titane, le magnésium et le calcium ont des faibles teneurs. Le sodium, le phosphore et le manganèse ont de très faibles teneurs.

Tab. 4: Teneurs (en % d'oxydes) des éléments majeurs de l'échantillon TFR₂

Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	LOI	Total
TFR ₂	63,19	11,95	7,40	1,98	1,80	1,19	0,42	0,08	0,06	0,03	8,55	96,65

ÉLÉMENTS TRACES

Le tableau 5 porte les résultats d'analyse chimiques des éléments traces de l'échantillon TFR₂. On constate que la teneur en soufre est de très loin plus élevée que toutes les autres. La teneur en zirconium est élevée, alors que celles en zinc, chrome et vanadium sont faibles. Le strontium, l'yttrium, le rubidium et le niobium ont de très faibles teneurs.

Tab. 5: Teneurs (en ppm) des éléments traces de l'échantillon TFR₂

Echantillon	S	Zr	Zn	Cr	V	Sr	Y	Rb	Nb
TFR ₂	31330	1418	223	177	133	74	58	41	40

5 DISCUSSIONS

Le sous-bassin de Douala est la conséquence directe de l'ouverture de l'Atlantique sud. Il est lié à l'évolution paléogéographique, paléoclimatique et morphogénétique spatio-temporelles par le jeu conjugué des déformations de la croûte, du volcanisme, de l'érosion et de la sédimentation [5]. L'ouverture de l'Atlantique sud n'est pas continue, mais plutôt lente, avec des transgressions entrecoupées de phases régressives marquant une longue hésitation de l'installation marine franche et favorisant des reprises de sédimentation et d'individualisation des faciès [5]. La reconstitution paléogéographique du sous-bassin de Douala montre qu'un diachronisme s'est effectué à la faveur de la mer étroite qui se serait ouverte progressivement de l'Apto-Albien au Cénomanien supérieur. Elle avait séparé deux blocs continentaux par un fossé qui se remplissait au fur et à mesure par éboulement et ensuite par progradation des produits (éléments anguleux) de la destruction de sa bordure ou socle [5].

Les histogrammes granulométriques sont principalement plurimodaux, prouvant ainsi la multiplicité de sources des sédiments. Ces caractéristiques associées aux paramètres de Trask montrent que les sédiments du village Moundeck sont très mal classés, mal triés (hétérométriques), avec un classement maximal du côté des grains grossiers. Les sédiments de la tranchée fluviale de la rive gauche en dessous du pont ferroviaire sur le fleuve Mounjo sont mal triés, moyennement classés à mal classés, avec un classement maximal du côté des grains fins. L'observation des stratifications obliques et entrecroisées sur les affleurements laisse penser à un milieu de faible énergie de dépôt, mais agité. Ces structures sont des marqueurs d'une sédimentation fluvio-deltaïque [18],[15]. Quant aux stratifications lenticulaires, elles évoqueraient un delta largement ouvert sur la mer [19],[15]. Les faciès silto-argileux eux aussi renverraient à un milieu de dépôt fluvio-deltaïque.

Les diagrammes surfacés, les types et aspects de grains de quartz ont permis de comprendre que les grains de quartz non usés proviennent de l'altération physique ou désagrégation mécanique des roches mères situées non loin du milieu de dépôt. Ces grains ont alors subi un court transport (dépôt proximaux). Les grains de quartz sub-émoussés luisants sont issus de la désagrégation mécanique des roches mères situées moyennement loin du milieu de dépôt. Ces grains ont alors été transportés sur une distance moyenne et sont moyennement façonnés. Les grains émoussés luisants quant à eux proviennent des roches mères situées loin du milieu de dépôt et ont subi un transport long.

L'analyse des minéraux lourds a montré que les sédiments de la formation du Mounjo-fleuve proviennent de deux grands cortèges minéralogiques ou aires nourricières. Le cortège métamorphique qui est constitué essentiellement de l'andalousite. Ce minéral caractérise un métamorphisme de haute température et de basse pression. En effet, il s'agit du socle gneissique et des parties mylonitisées du socle observé à Bouba waterfall. Le cortège magmatique qui est constitué de zircon, tourmaline, rutile et pyroxène. La présence de ces minéraux laisse croire qu'une partie des sédiments seraient venue de l'érosion du socle granitogneissique.

L'étude des lames minces de roches sédimentaires montre qu'il s'agit des grès affectés par une diagenèse précoce. Suite à la faible dissolution, la faible précipitation secondaire du ciment siliceux fait de ces roches, des grès peu consolidés à moyennement consolidés. En fonction de leurs teneurs en quartz, feldspaths et fragments de roches, la classification proposée par [17] permet de les classer comme étant essentiellement des litharénites et des arkoses lithiques. Les litharénites et les arkoses lithiques sont des roches riches respectivement en fragments de roches et en feldspaths. Ceci est la preuve d'un court transport des sédiments et dans une moindre mesure d'un transport plus ou moins moyen.

Le diffractogramme a montré que le faciès argileux étudié est majoritairement constitué d'argiles granulométriques. Il s'agit du quartz très abondant, suivi de l'hématite et de la muscovite moyennement abondante. La kaolinite est la seule argile vraie formée en quantité considérable. Elle témoigne des conditions du milieu de formation suivantes : position topographique haute, bon drainage (évacuation totale de base et partielle de silice) et climat tropical chaud et humide. En plus de la constitution essentiellement granulométrique du faciès argileux organique étudié, il est composé de laminations, traces de fossiles (lamellibranches et gastéropodes) et une surface d'arrêt de sédimentation. Ces caractéristiques sont propres à un milieu de dépôt de faible énergie. Il s'agirait d'un milieu marin restreint. Les laminations associées à la présence des traces de pyrite (FeS_2) permettent de conclure que le milieu de dépôt était aussi anoxique et riche en fer réduit (Fe^{2+}). En plus de la surface d'arrêt de sédimentation, le recouvrement du faciès argileux par un faciès gréseux grossier est la preuve d'une régression marine.

La teneur modérée en K_2O est due à la quantité modérée en feldspaths potassiques (microcline, orthose: KAlSi_3O_8) issus du socle granitique. Le rapport des teneurs $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ est faible. Il signifie une faible concentration en kaolinite dans le faciès argileux, par opposition au quartz fortement concentré. Les teneurs modérées en Al_2O_3 et K_2O implique un apport terrigène considérable [20],[15]. La faible teneur en P_2O_5 (0,06%) indique une faible productivité du milieu de dépôt. Il s'agit d'un milieu pas favorable à la prolifération des organismes vivants [21],[15]. La teneur en soufre ($\text{S}=31330\text{ppm}$) est très élevée dans le faciès argileux étudié. Cependant, les teneurs en Yttrium, Rubidium et niobium sont très faibles. D'après [22], les faciès détritiques crétacé supérieur du secteur Mbalangi-Mabonji (formation de Kumba-Sud) auraient été marqués par une sédimentation terrigène avec intercalation de phases euxiniques (dépôts d'argiles noires schisteuses), suggérant un environnement de mer peu profonde. D'après [15], la formation de Mbanga-Nord se serait mise en place dans un environnement fluvial à fluvio-deltaïque, avec un immense delta largement ouvert sur la mer au Cénomanien. En ce qui concerne la formation du Moungo-fleuve, elle se serait mise en place dans un environnement fluvio-deltaïque à marin restreint au Cénomanien. En effet, les sédiments détritiques terrigènes érodés des matériaux magmatiques et métamorphiques, puis transportés par éboulement et par l'eau sur une distance courte à moyenne, se sont enfin déposés dans un milieu fluvio-deltaïque à marin restreint; il y a environ 93 millions d'années.

6 CONCLUSION

La mise en place de la formation du Moungo-fleuve est consécutive à l'ouverture de l'Atlantique sud, suite à la fracturation du Gondwana dès le Trias en blocs principaux : Afrique et Amérique du Sud. Les résultats d'analyses ont montré que les sédiments de la formation du Moungo-fleuve sont d'origine continentale, transportés par éboulement et par l'eau sur une distance courte à moyenne avant d'être déposés. Les faciès détritiques terrigènes de cette formation datée Cénomanien, se seraient mis en place dans un environnement fluvio-deltaïque à marin restreint. L'environnement fluvio-deltaïque était caractérisé tantôt par une énergie faible en milieu calme (mise en place des laminations), tantôt par une énergie faible en milieu agité (mise en place des stratifications entrecroisées et obliques). L'environnement marin restreint est caractérisé par une surface d'arrêt de sédimentation, séparant un faciès argileux surmonté d'un faciès gréseux grossier : c'est la preuve d'une régression marine. Les faciès détritiques terrigènes des formations de Mbanga-Nord et Kumba-Sud étant très identiques à ceux de la formation du Moungo-fleuve, la série du Moungo se serait mise en place dans un environnement fluvial à fluvio-deltaïque et marin restreint. Cet article a contribué à la reconstitution du paléoenvironnement de mise en place de la série du Moungo, à partir de la granulométrie, la morphoscopie, les minéraux lourds, la pétrographie microscopique, la minéralogie, et la chimie à la fluorescence de rayons X. Toutefois, pour améliorer l'étude de la série du Moungo, il est préconisé de faire une exoscopie des faciès détritiques ; de déterminer la maturation de la matière organique dans les sédiments ; de faire une étude paléontologique complète et précise des faciès ; de déterminer grâce à la sismique, l'épaisseur réelle de la pile sédimentaire au contact du socle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance aux instructeurs anonymes pour leurs critiques, commentaires et suggestions qui ont contribué à l'amélioration du présent document.

REFERENCES

- [1] J.M. Regnault " Synthèse géologique du Cameroun. République du Cameroun." Ministère des Mines et de l'Energie, Direction des Mines et de la Géologie. 119p., 1986.
- [2] M. Brunet, M. Coppens, Y.D. Pilbeam and S. Djallo 1990. " Le Crétacé Cénozoïque d'Afrique de l'Ouest (Cameroun). Rapport de synthèse. I.R.G.M., 9p., 1990.
- [3] C.S. Manga "Stratigraphy, structure and prospectivity of the Southern onshore Douala Basin, Cameroon-Central Africa, pp. 13-37, 2008.
- [4] D. Reyre "Histoire Géologique du bassin de Douala. Symposium, bassins Sédimentaires côtiers post-Cambrien de l'Afrique de l'Ouest". 22ème Int. Géol. Congo. New-Delhi, 1964-Assoc. Serv. Géologique Africain- pp. 143-161,1966.
- [5] P.R.N. Ngaha "Contribution à l'étude géologique, stratigraphique et structurale de la bordure du bassin Atlantique du Cameroun". Thèse Doct. 3^{ème} Cycle, Univ. de Yaoundé, 131p., 1984.
- [6] J. Chialvo "Photographie des faciès de grès de base (rivières Moungo, Dibombé, Nkwansi) et du cristallin (Bouba waterfull)". Elf- Serepca, note interne. 1981.
- [7] F.R. Nguene, S.Tamfu, J.P. Loule and C. Ngassa "Paleoenvironments of the Douala and Kribi / Campo sub basins in Cameroon, West Africa". Dans : Recueil des présentations du Colloque sur les bassins sédimentaires Ouest Africain. Pp. 129-139,1992.
- [8] A. Njoya, G.E. Ekodeck, C. Nkoumbou, D. Njopwouo. and F.M. Tchoua "Matériaux argileux au Cameroun : gisements et exploitation", Pp.13-30,1997.
- [9] C. Mathieu and F. Pieltain "Analyse physique des sols: Méthodes choisies". Paris, Lavoisier Tec & Doc, 275p., 1998.
- [10] J.M. Pauwels, E.V. Ranst, M. Verlo, and A. Mvondo Ze "Manuel de laboratoire de pédologie, méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipements, gestion des stocks et des produits chimiques". Publications agricoles n°26, 265p., 1992.
- [11] E. Ndjeng "Etude sédimentologique des niveaux à galets et à sables au Sud de l'Adamaoua (Cameroun). Thèse 3ème cycle, Univ. Dijon. France, 115p., 1978.
- [12] S. Duplaix "Détermination microscopique des minéraux des sables". 2ème édis. libr. poly. Ech. Beranger. Paris, 96 p., 1958.
- [13] P.A. Maurizot, J.L. Feybesse, J. L. Johan and P. Lecomte "Etude et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun, Synthèse des travaux de 1978 à 1985". Rapp. BRGM, 85, CMR066, 274p., 1985.
- [14] P. Maurizot "Geological map of south-west Cameroon". Edition BRGM, Orleans. MESRES/ORSTOM, n°9, 733 p., 2000.
- [15] T.K.S.Touomo "Etude sédimentologique et paléoenvironnementale des formations détritiques de Mbanga-Nord, dans le sous-bassin de Douala". Mém. D.E.A., Univ. de Yaoundé I-Cameroun, 82p., 2010.
- [16] J.C. Dumort "Carte Géologique de reconnaissance du Cameroun au 1/500 000. Feuille de Douala Ouest avec notice explicative (1/500 000)". Dir. Mines Géol., Yaoundé. Imp. Nat., Cameroun, 69 p., 1968.
- [17] F.J. Pettijohn, P.E. Potter, and R. Siever "Sands and Sandstones". Harper & Brother, New-York, 618p., 1973.
- [18] Y.C. Belmonte "Stratigraphie du bassin sédimentaire du Cameroun". Proc.2nd W. African Micropal. Coll. Ibadan, pp.7-24., 1966.
- [19] J. Gazel, C.Q.V. Houroq and M. Nicklès "Notice explicative de la carte géologique au 1/1000000 du Cameroun, avec notice explicative". Bulletin de la Direction des Mines et Géologie, Cameroun 2., 1956.
- [20] R.W. Murray, W.M. Leinen "Chemical transport to the seafloor of the equatorial Pacific Ocean across a latitudinal transect at 135°W: Tracking sedimentary major, trace, and rare earth element fluxes at the Equator and the Intertropical Convergence Zone". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(17), pp. 4141-4163, 1993.
- [21] S. Abramovich, G. Keller and T. Adatte "Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene of the Mahajanga Basin. Madagascar: a multidisciplinary approach". *Marine Micropaleontology*, 47, Pp. 17-70, 2002.
- [22] S. B. Billong "Etude pétrographique et sédimentologique des faciès détritiques Crétacé Supérieur du bassin de Douala: secteur Mbalangui-Mabonji (Sud-Ouest Cameroun). Mem. D.E.A., Univ. De Yaoundé I, 71 p., 2007.

Apport des linéaments satellitaires pour la recherche des indices aurifères du massif éburnéen de Ngovayang au sud Cameroun (Craton du Congo)

[Contribution of satellite lineaments to search for gold showings of Eburnean massive Ngovayang south Cameroon (Craton of Congo)]

François Ndong BIDZANG¹, Eric José Ottou MESSI², Martial Sylvestre NTOMBA¹, Martial Joseph AKAM², and Joseph Mvondo ONDOA²

¹Institut de Recherches Géologiques et Minières, BP : 4110 Nlongkak Yaoundé, Cameroun

²Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé 1. BP 812 Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2015 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: Map satellite lineaments served as study support for gold geochemical sampling of Lolodorf region in the southern part of the Eburnean Ngovayang massif in Cameroon. This technique is a major step in the search for clues metal geological and mineral exploration fractured zones. 228 samples were analyzed and the levels vary from 301ppb to -2ppb. These results showed that the probability of greater than 10ppb levels, which may lead to a gold anomaly is 67.48% for areas where the concentration areas weaving lineaments are superimposed on high density areas lineaments, 2.31% for the concentration of intersection surfaces lineaments, 28.92% for areas located in the high density areas levels of lineaments and only 1.28% for areas located in isolated lineaments. This study confirms the hypothesis that the areas of intersections and high density of lineaments are directly related to high concentrations of geochemical elements and mineral deposits.

KEYWORDS: satellite lineaments, geochemistry of gold, Lolodorf, Eburnean Ngovayang massif.

RESUME: La carte des linéaments satellitaires a servi de support d'étude pour l'échantillonnage géochimique de l'or de la région de Lolodorf dans la partie sud du Massif éburnéen de Ngovayang au Cameroun. Cette technique constitue une étape majeure dans la recherche des indices métallifères en prospection géologique et minière des zones fracturées. 228 échantillons ont été analysés et les teneurs varient de 301ppb à -2ppb. Ces résultats ont montré que la probabilité de trouver des teneurs supérieures à 10ppb, susceptibles de conduire à une anomalie aurifère est de 67,48% pour des surfaces où les domaines à concentration d'entrecroisement des linéaments se superposent aux zones de densité élevées de linéaments, 2,31% pour des surfaces à concentration d'entrecroisement des linéaments, 28,92% pour des surfaces situées aux niveaux des zones de densité élevées de linéaments et seulement 1,28% pour des surfaces situées sur des linéaments isolés. Cette étude confirme l'hypothèse selon laquelle les zones d'entrecroisements et de densité élevées de linéaments sont directement reliées aux fortes concentrations d'éléments géochimiques et de gîtes minéraux.

MOTS-CLEFS: Linéaments satellitaires, géochimie de l'or, Lolodorf, Massif éburnéen de Ngovayang.

1 INTRODUCTION

La localité de Lolodorf a servi de cadre de travail pour la recherche des indices aurifères et ferrières. La difficulté d'accès dans la zone suite à l'enclavement que connaît la région de Lolodorf en infrastructure routière, l'épaisse couverture pédologique de la région et la complexité structurale de ce massif ont amené les prospecteurs à trouver une nouvelle

technique d'échantillonnage des sédiments de ruisseau et sol pour la recherche des indices aurifères de cette localité. La technique traditionnelle d'échantillonnage basée sur la maille à un certain pas, a été remplacée ici par les techniques de la télédétection. Comme nous le savons de nos jours, le traitement des données satellitaires est devenu incontournable pour l'évaluation des ressources naturelles et la cartographie des états de surface. De nombreux travaux ([1], [2], [3]) ont montré comment la télédétection peut contribuer dans les investigations géologiques. Il a été montré que les images satellitaires contiennent des accidents géologiques qui ont un lien direct avec le débit des eaux souterraines [4]. Ces différents travaux ont contribué à la reconnaissance de l'importance des linéaments pour l'hydrogéologie.

Comme pour l'hydrologie, de nombreuses études ont montré que la télédétection a amélioré de façon significative les connaissances sur la localisation des zones à potentialité minière ([5], [6]).

La superposition des linéaments d'images satellitaires et des données géochimiques (Au, Cu, Zn, Pb, Ni, Ag et Cb...) provenant des sédiments des ruisseaux ont montré que ces derniers se situent dans des zones de concentration d'entrecroisements des linéaments [7]. Tout comme les données géochimiques, les gîtes minéraux sont essentiellement localisés dans la plupart des cas, dans les zones de densité élevées de Linéaments. Ces deux hypothèses ont servi de cadre de travail dans cette étude. Les objectifs de ce travail ont été dans un premier temps, de ressortir la carte des indices géochimiques probables et les gîtes minéraux probables issus de la carte des linéaments satellitaires de la zone d'étude [8]. Dans un second temps, de sortir une carte d'échantillonnage et en fin de comparer les résultats des analyses géochimiques par rapport aux différentes zones prélevées.

2 MATERIEL ET METHODE

La base de données cartographiques utilisée dans le cadre de cette étude comporte la carte des linéaments satellitaires de la localité d'étude [8], les cartes géologiques établies au 1/500 000 pour les localités de Yaoundé Est [9], la feuille Edéa NA-32-XXIII au 200000^e et Edéa NA-32-XXIII2c au 50000^e. La carte photogéologique établie au 1/200 000 pour cette localité a également été utilisée. La carte des indices géochimiques probables et la carte des gîtes minéraux probables extraites de la carte des linéaments satellitaires ont été obtenues par les logiciels Map Info 8.5 et Global Mapper 12. La carte géomorphologie a été obtenue grâce au logiciel Surfer 11. La superposition de ces cartes a permis de lever les différents points d'échantillonnage. Pour des besoins de comparaison, les points d'échantillonnages ont été regroupés en quatre catégories :

- La catégorie A, concerne les points d'échantillonnage prélevés dans le domaine où les indices géochimiques probables tombent dans les zones des gîtes minéraux probables ;
- La catégorie B, concerne uniquement les points d'échantillonnage prélevés dans le domaine des zones de gîtes minéraux probables ;
- La catégorie C, concerne les échantillons prélevés uniquement dans les zones d'indices géochimiques probables ;
- La catégorie D, concerne les points d'échantillonnage prélevés en dehors des deux zones de catégories A, B et C.

Les échantillons de sédiments de ruisseau ont été prélevés sur le lit vif des ruisseaux tandis que les échantillons sol ont été prélevés sur terre ferme à une profondeur comprise entre 30 et 40 cm. Au total, 228 échantillons ont été analysés par le groupe ALS en Irlande par la méthode aqua regia par ICP-MS à la limite de détection de 0,0001ppm. Les résultats d'analyse ont été interprétés à l'aide du tableur Excel de Microsoft word 2007.

3 CADRE D'ETUDE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude est située dans la région de Lolodorf au sud du Cameroun entre les latitudes 3°10' et 3°22' nord et les longitudes 10°30' et 10°40' est (Figure 1). Elle fait partie du complexe du Nyong dans la bordure nord du craton du Congo ([10], [11], [12], [13], [14], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]). Sur le plan lithologique, le complexe du Nyong est constitué de TTG, anorthosites, charnockites, gneiss, migmatites, éclogites, métagabbros, quartzites et BIF ([21], [20], [21]).

Sur le plan structural, il est marquée par une phase de déformation D₂, qui reprend les anciennes structures EW libériennes D₁ [10], une foliation généralisée NE-SW, des cisaillements senestres subverticaux et une tectonique tangentielle à vergence sud-est, responsable de son chevauchement sur le complexe du Ntem ([22], [23], [15], [20]).

Il a fait l'objet d'une fracturation post-éburnéenne/transamazonienne réactivée durant l'orogénèse panafricaine [23].

À l'échelle du secteur d'étude, l'orogénèse éburnéenne est l'événement tectono-métamorphique majeur, qui a le plus affecté les formations paléoprotérozoïques du massif de

Ngovayang dans la localité de Lolodorf. Deux grands ensembles lithologiques se distinguent :

- les granitoïdes pré à syntectoniques constitués de plusieurs unités pétrographiques (gneiss charnockitiques variés, amphibolo-pyroxénites, quartzites ferrugineux, amphibolites et gneiss +/- migmatitiques) ;
- les granitoïdes syntectoniques constitués essentiellement d'orthogneiss granitiques et secondairement de métasyénites à pyroxène et amphibole d'âge 2055 +/- 5Ma (Figure 1b).

Les travaux de recherche ([20], [8]) sur la tectonique de la région de Lolodorf montrent que celle-ci est complexe et caractérisée par plusieurs phases de déformations, à l'instar des autres régions de la bordure nord du craton du Congo.

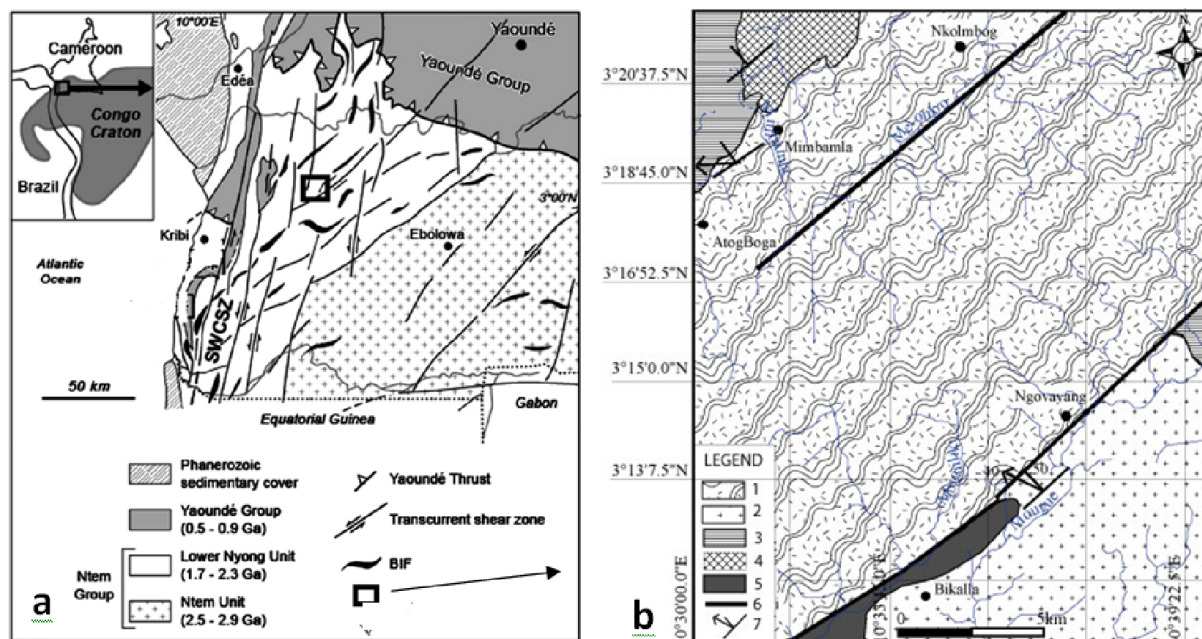


Fig. 1. (a) Esquisse géologique du sud ouest Cameroun montrant la zone d'étude; (b) carte géologique de la zone de Lolodorf; 1- gneiss charnockitiques variés, amphibolo-pyroxénites, quartzites ferrugineux; 2- orthogneiss granitiques; 3- gneiss +/- migmatitiques à amphibole +/- biotite +/- grenat +/- pyroxène; 4- métasyénites à pyroxène et amphibole (2055 +/- 5Ma) ; 5- amphibolites à grenat +/- pyroxène

4 RESULTAT

La figure 2a montre la carte des linéaments extraits des images satellitaires. Elle nous révèle trois familles importantes d'orientation de linéaments soient NE-SW (N023° à N067°) ; N-S (N338° à N022°) ; et NW-SE (N113° à N157°). L'orientation NE-SW est prédominante, regroupant en elle seule 68,4% de l'information. La superposition des linéaments d'images satellitaires et des données géochimiques (Au, Cu, Zn, Pb, Ni, Ag et Cb...) provenant des sédiments des ruisseaux nous montre que ces derniers se situent dans des zones de concentration d'entrecroisements des linéaments [7] Toute fois, l'observation de la figure 2b nous a permis de recenser 127 points d'indices géochimiques probables agencés selon des axes principaux N-S et NE-SW.

Tout comme les données géochimiques, les gîtes minéraux probables sont essentiellement localisés dans la plupart des cas soit, au niveau des zones de densité élevées de linéaments. Dans la partie nord-ouest et centrale de la carte, ces gîtes probables forment un nuage autour d'un axe orienté NE-SW (Figure. 2b).

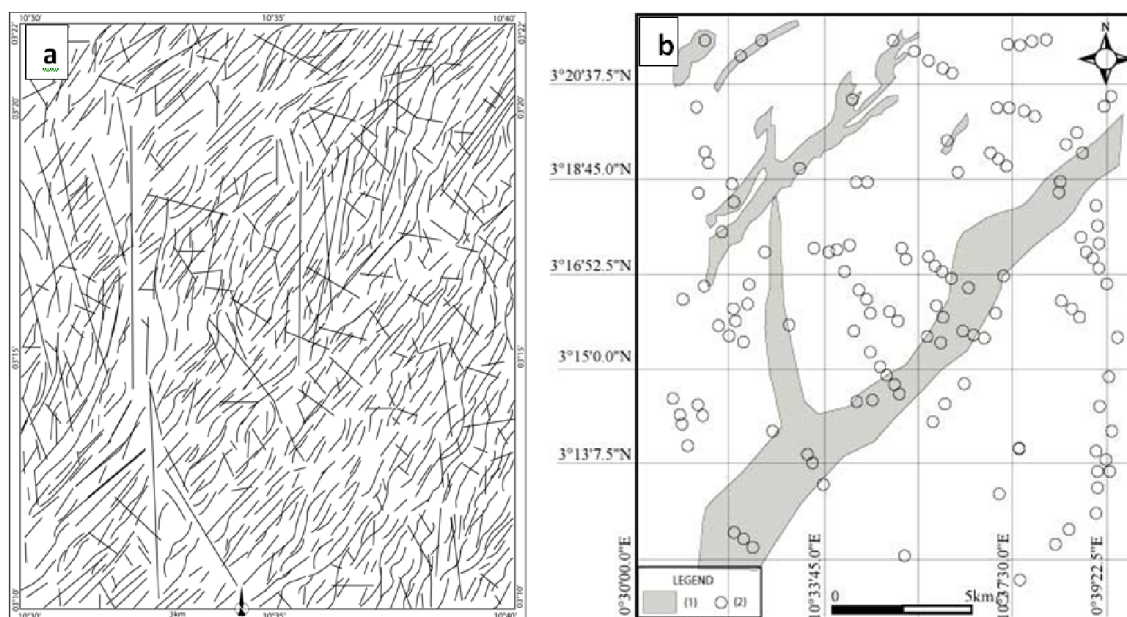


Fig. 2 : a) carte des linéaments issues des images satellitaires. b) carte des différentes zones probables de minéralisation ; (1) nuage de gîtes minéraux probables au niveau des zones de densité élevées de linéaments; (2) points d'indices géochimiques probables situés au niveau des zones de concentration d'entrecroisement des linéaments.

La figure 3 illustre les points d'échantillonnage des sédiments de ruisseau et des sols.

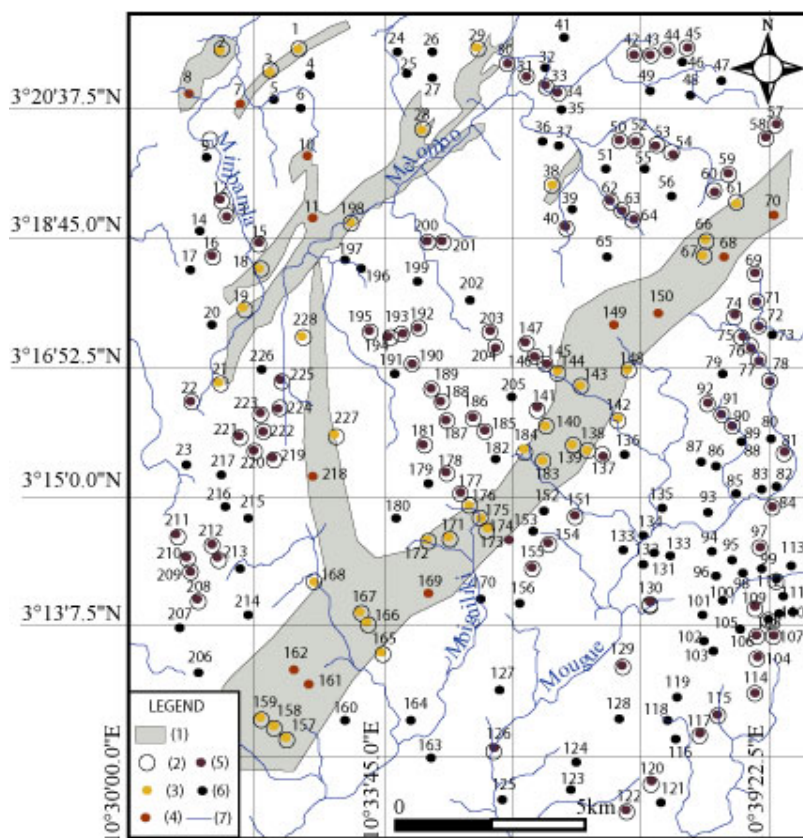


Fig. 3 : Carte montrant les positions des échantillons prélevés sur le terrain. (1) nuage de gîtes minéraux probables situés au niveau des zones de densité élevées de linéaments; (2) points d'indices géochimiques probables situés au niveau des zones de concentration d'entrecroisement des linéaments ; (3) échantillons de catégorie A ; (4) échantillons de catégorie B ; (5) échantillons de catégorie C ; (6) échantillon de catégorie D ; (7) cours d'eau.

Il ressort de cette carte ;

- 36 échantillons prélevés dans le domaine où les indices géochimiques probables tombent dans le nuage des gîtes minéraux probables. Ces échantillons sont regroupés en catégorie A ;
- 12 échantillons prélevés uniquement le nuage des gîtes minéraux probables. Ils sont regroupés dans la catégorie B ;
- 90 échantillons prélevés uniquement dans les zones d'indices géochimiques probables. Ils sont regroupés dans la catégorie C ;
- et enfin, 90 échantillons prélevés uniquement en dehors des zones probables de minéralisation. Ces échantillons sont classés en catégorie D. soit un total de 228 échantillons prélevés et analysés. Chaque échantillon est reporté sur la carte par un point dont la couleur représente sa catégorie et affecté par son numéro d'analyse géochimique (jaune pour la catégorie A, rouge pour la catégorie B, marron pour la catégorie C et noir pour la catégorie D). Les résultats d'analyse sont regroupés dans le tableau 1. Il ressort de ces analyses que :
 - Les teneurs en Au varient de 355 ppb pour l'échantillon A175, à (-2) ppm pour l'échantillon D35 ;
 - La catégorie A présente des teneurs allant de 355 ppb à 4,94 ppb pour une moyenne de 42, 26 ppb (Figure. 4a) ;
 - La catégorie B présente des teneurs comprises entre 101 ppb et 3,32 ppb, soit une moyenne de 20,43 ppb (Figure.4b) ;
 - La catégorie C montre des teneurs situées entre 201 ppb et 0,5 ppb, soit une moyenne de 4,12 ppb (Figure. 4c) ;
 - La catégorie D nous donne des teneurs allant de 17 ppb à (-2) ppb avec une moyenne inférieure à 1 ppb (Figure. 4d).

Tab. 1 : Résultat des analyses géochimiques des 228 échantillons prélevés (Au Assay)

Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb
A175	355	B161	101	C141	2	C213	1,2	D179	0,5	D100	0,3	D47	0,1
A174	204	B218	67	C220	2	C212	1,2	D206	0,5	D101	0,3	D48	0,1
A176	120	B169	42	C209	2	C90	1,1	D214	0,5	D135	0,3	D46	0,08
A158	105	B162	5	C210	2	C92	1,1	D207	0,5	D93	0,3	D49	0,05
A159	81	B149	4,2	C208	2	C76	1	D197	0,5	D132	0,3	D39	-2
A157	80,1	B150	4,1	C130	2	C69	1	D196	0,5	D134	0,3	D51	-2
A167	71,8	B10	4	C107	2	C78	1	D202	0,5	D131	0,3	D55	-2
A172	70,6	B68	4	C104	2	C75	0,9	D199	0,5	D118	0,3	D37	-2
A166	66,8	B70	3,7	C16	2	C72	0,8	D191	0,5	D128	0,3	D36	-2
A142	51	B11	3,4	C200	2	C74	0,8	D27	0,4	D119	0,3	D32	-2
A38	36,2	B8	3,4	C201	2	C71	0,8	D9	0,4	D163	0,3	D35	-2
A198	28,3	B7	3,32	C193	2	C30	0,8	D17	0,4	D4	0,3	D41	-0,1
A66	25,1	C177	201	C195	2	C59	0,8	D14	0,4	D25	0,3		
A67	25	C173	24	C192	2	C57	0,8	D20	0,4	D6	0,3		
A61	22	C185	8	C224	2	C64	0,8	D226	0,4	D5	0,3		
A144	21,4	C155	3	C22	2	C63	0,7	D73	0,4	D26	0,3		
A138	20,6	C151	3	C97	2	C62	0,7	D79	0,4	D24	0,3		
A139	11	C154	3	C60	2	C52	0,7	D136	0,4	D110	0,3		
A19	10,8	C189	3	C53	2	C54	0,7	D156	0,4	D105	0,3		
A228	10,3	C186	3	C122	1,9	C45	0,7	D127	0,4	D102	0,3		
A28	10	C188	2,8	C120	1,8	C58	0,7	D164	0,4	D121	0,3		
A1	8,4	C190	2,7	C115	1,8	C15	0,66	D160	0,4	D116	0,24		
A3	8,22	C12	2,4	C126	1,8	C13	0,64	D215	0,4	D82	0,2		
A140	8	C225	2,3	C129	1,8	C50	0,64	D217	0,4	D99	0,2		
A184	8	C222	2,3	C106	1,76	C34	0,6	D23	0,4	D111	0,2		
A183	7	C146	2,2	C109	1,7	C33	0,6	D216	0,4	D112	0,2		
A171	6,36	C204	2,1	C84	1,52	C44	0,6	D65	0,4	D113	0,2		
A165	6,16	C203	2	C81	1,5	C31	0,52	D56	0,4	D88	0,2		
A227	6,1	C145	2	C91	1,5	C43	0,5	D133	0,4	D83	0,2		
A168	6	C147	2	C77	1,4	C42	0,5	D87	0,4	D124	0,2		
A21	5,64	C114	2	C40	1,4	D182	17	D103	0,4	D85	0,2		
A18	5,5	C117	2	C194	1,4	D152	0,5	D108	0,36	D86	0,2		
A148	5,1	C178	2	C221	1,4	D170	0,5	D98	0,34	D123	0,2		
A143	5	C181	2	C223	1,3	D153	0,5	D95	0,3	D125	0,2		
A2	5	C187	2	C219	1,3	D205	0,5	D94	0,3	D89	0,16		
A29	4,94	C137	2	C211	1,2	D180	0,5	D96	0,3	D80	0,14		

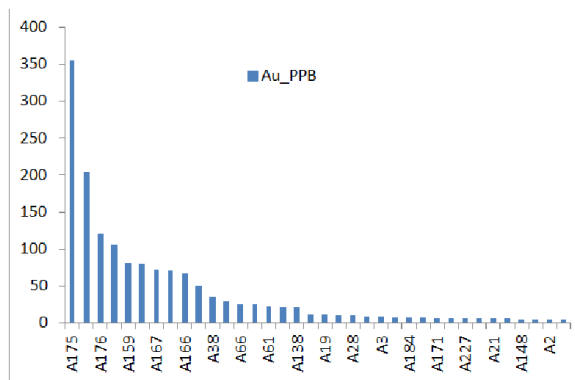


Fig. 4a : Histogramme des teneurs de la catégorie A

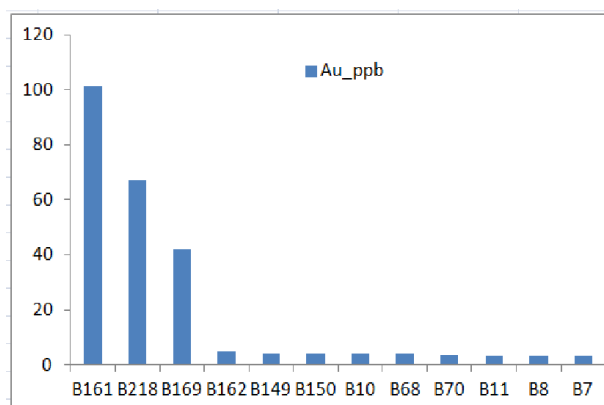


Fig. 4b : Histogramme des teneurs de la catégorie B

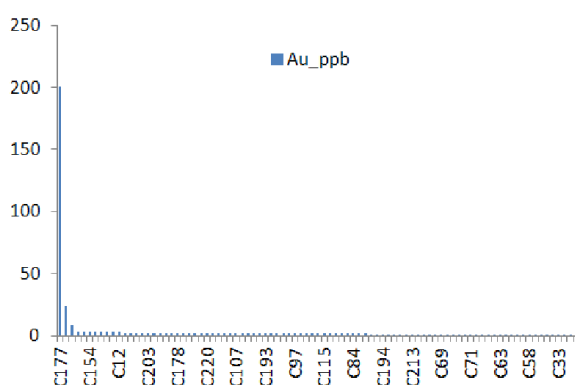


Fig. 4c : Histogramme des teneurs de la catégorie C

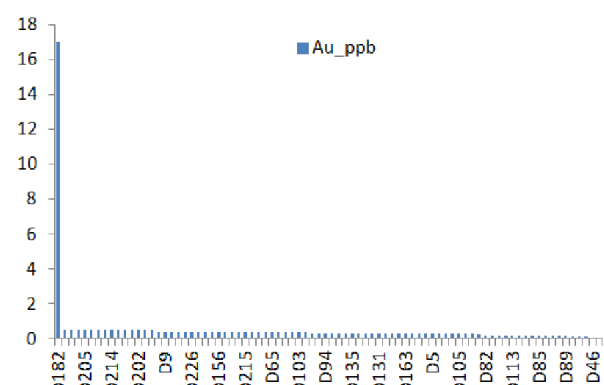


Fig. 4d : Histogramme des teneurs de la catégorie D

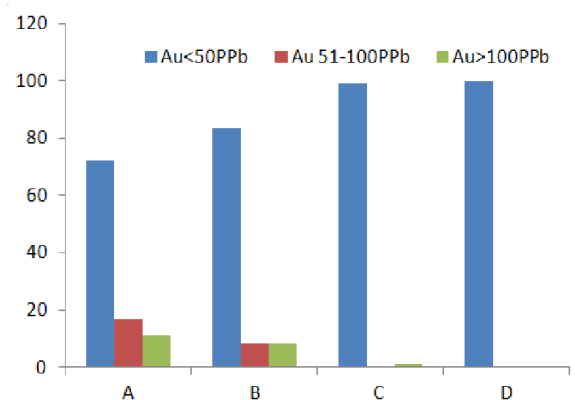


Fig. 4e : Histogramme des proportions de teneurs en fonction des catégories.

Tab.2 : Proportion des teneurs en fonction des catégories.

Catégorie	Au<50PPb	Au 51-100PPb	Au>100PPb
A	72,22	16,67	11,11
B	83,33	8,33	8,33
C	98,89	0	1,11
D	100	0	0

5 DISCUSSION

La carte des linéaments présente donc une utilité pour la prospection si on la considère sous cet aspect. C'est d'ailleurs un fait généralement admis en prospection minière que la proximité d'un linéament est un indice favorable tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle locale, à l'intérieur d'une exploitation par exemple ([24], [25]). Le lien entre la présence d'un indice géochimique et la proximité d'un linéament semble bien exister d'après l'examen de la carte de la figure 3 et les résultats des analyses géochimiques. Tous les échantillons de la catégorie A qui représente le domaine où l'on est supposé rencontrer les gîtes minéraux semble confirmer cette hypothèse avec non seulement des teneurs élevées, mais aucun n'échantillon, peu importe le lieu prélevé à l'intérieur de l'une ou de l'autre zone n'est en deçà de 1 ppb. La catégorie A ; résultante des catégories B et C détient les teneurs les plus fortes parmi les échantillons analysés avec un pic à 301 ppb. Ces résultats montrent bien que les zones de fortes teneurs sont des zones où le domaine de concentration d'entrecroisement de linéaments (indice géochimique probable) se superpose au domaine de proximité de linéament (gîtes minéraux probables). Par soucis de comparaison, un nombre important d'échantillon a été prélevé en dehors des zones susceptibles de rencontrer des minéralisations. Soit un pourcentage de 80% sur les 228 échantillons analysés. Seul 2 échantillons montrent des teneurs supérieures à 1ppb. Le reste étant soit inférieur à 1ppb, soit à la limite de détection. Comme l'illustre clairement le tableau 2 et le diagramme de la figure 4e, la probabilité de trouver une teneur (>10ppb), susceptible de conduire à une anomalie aurifère est de :

- 67,48% pour des surfaces où les domaines à concentration d'entrecroisement des linéaments se superposent aux zones de densité élevées de linéaments;
- 2,31% pour des surfaces à concentration d'entrecroisement des linéaments ;
- 28,92% pour des surfaces relatives aux niveaux des zones de densité élevées de linéaments et
- 1,28% pour des surfaces situées sur des linéaments isolés.

Ces pourcentages peuvent avoir plusieurs explications ; nous allons évoquer ici le volet structural. Dans les milieux hyperfracturés où les linéaments satellitaires se superposent au linéaments géologiques comme dans le massif de Ngovayang [8], la minéralisation primaire est portée par les formations syntectoniques (concentrations liées au métamorphisme ou souvent à la déformation-cisaillement ductile) où se situent les échantillons de catégorie A et B. ainsi, les linéaments qui sont associés à ces catégories sont liés du point de vue tectonique, à la foliation générale exprimé du point de vue linéamentaire avec 64,5% d'information [8]. La catégorie C représente la minéralisation secondaire. Cette minéralisation, du point de vue tectonique, se rencontre au niveau des zones de fractures pleines et sécantes (veines, filon, zone de circulation de fluide) et s'expriment du point de vue linéamentaire par des zones de concentration d'entrecroisement de linéament. La catégorie D représente des linéaments qui ne sont pas liés soit au socle rocheux, soit ne sont pas d'origine tectonique d'où des teneurs très faibles. Ces linéaments peuvent représenter des fractures béantes, remplies par du matériel post orogénique, détritique et lessivé n'ayant aucune incidence sur la minéralisation. L'utilisation des linéaments satellitaires trouve son importance dans ce type de recherche mais elle nécessite au préalable, une bonne connaissance de la tectonique de la région. Nous avons abordé seulement le volet structural ici ; il serait important d'aborder d'autre volet comme la lithologie, la géomorphologie ou faire des comparaisons d'une telle étude avec d'autres régions du monde potentiellement aurifère avant d'asseoir définitivement des conclusions.

6 CONCLUSION

L'étude du massif de Ngovayang au sud du Cameroun, constitue une étape dans l'élaboration du projet cartographique minière du Cameroun qui a pour objectif de dresser des cartes géologiques et minière du Cameroun à une échelle de 1/200000. Les objectifs et les hypothèses ont été atteints dans la mesure où grâce aux techniques de la télédétection, nous avons montré qu'à partir d'une carte raffinée de linéaments, il était possible de fournir des informations sur sa signification géologique et structurale et son incidence sur la minéralisation. Les zones d'entrecroisements et de densité élevées de Linéaments sont directement reliées aux fortes concentrations d'éléments géochimiques et de gîtes minéraux.

REMERCIEMENT

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance aux instructeurs anonymes pour leurs critiques, commentaires et suggestions qui ont contribué à l'amélioration du présent document.

REFERENCES

- [1] J. Krishnamurthy, N.K. Venkatesa, V. Jayaraman and M. Manivel "An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information systems," *International Journal of remote Sensing* Vol. 10, n°. 17, pp. 1867 – 1884, 1996.
- [2] J.W. Lloyd "Water resources of hard rock aquifers in arid and semi-arid zones," UNESCO, Paris, 1999.
- [3] T. J. Jackson "Remote sensing of soil moisture: implications for groundwater recharge," *Hydrogeology journal* n.° 10, pp. 40-51, 2002.
- [4] N. Kresic "Remote sensing of tectonic fabric controlling groundwater flow in Dinaric carst," In: *Proceedings of the 10th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing*, 9–12 May 1994, San Antonio, Texas, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, pp. 161-167, 1994.
- [5] S. Deslandes, and Q. H. J. Gwyn "Évaluation de Spot et Seasat pour la cartographie des linéaments : comparaison basée sur l'analyse de spectre de Fourier", *Journal canadien de télédétection*, vol. 17, no°. 2, pp. 98-110, 1991.
- [6] G. Pouliot "Intégration de données satellites dans l'évaluation de cibles de prospection minière dans la bande volcano-sédimentaire Ascot-Weedon, Cantons de l'Est, Québec", *Mémoire de maîtrise*, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 64 p, 1987.
- [7] L. Coulibaly "Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas des sous provinces d'Abitibi et d'Opatika (Québec)", *Mémoire de maîtrise* Université de Sherbrooke 117p, 1996.
- [8] B. F. Ndong, M. S. Ntomba, E. J. Messi, D. OKIA and J. O. Mvondo "Définition structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas du massif de Ngovayang (Sud Cameroun)", *Afrique Science* Vol. 10, n°. 3, pp. 107 – 112, 2014.
- [9] J. P. Vicat "Bilan des connaissances acquises sur les séries de Dja (Cameroun), Nola (Centrafrique) et Sembe-Ouessou (Congo)", In : Vicat J.P. et Bilong P. éd., *Géosciences au Cameroun*, Collect. GEOCAM, 1/1998, Press. Univ. Yaoundé, pp. 369-383, 1998.
- [10] P. Maurizot, P. Feybesse, J. K. Johan and P. Lecomte "Etude et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun, synthèse des travaux de 1978 à 1985. Rapport du Bureau de Recherche géologique et minière, 85, CMR066, p. 274, 1986.
- [11] R. Tchameni, K. Mezger, E.N. Nsifa, and A. Pouclet "Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo craton (Ntem complex), South Cameroon", *Lithos* Vol. 57, pp. 23–42, 2001.
- [12] C. K. Shang, M. Satir, W. Siebel, E. N. Nsifa, H. Taubald, J.-P. Liegeois, and F. M. Tchoua "TTG magmatism in the Congo craton; a view from major and trace element geochemistry, Rb–Sr and Sm–Nd systematics: case of the Sangmelima region, Ntem complex, southern Cameroon", *Journal of African Earth Science*, Vol. 40, pp. 61–79, 2004.
- [13] C. K. Shang, W. Siebel, M. Satir, F. Chen and J. M. Ondoua "Zircon Pb–Pb and U–Pb systematics of TTG rocks in the Congo Craton: Constraints on crust formation, magmatism, and Pan-African lead loss", *Bulletin Geosciences*, Vol. 79, n°. 4, pp. 205–219, 2004.
- [14] C. Lerouge, A. Cocherie, S. F. Toteu, J. Penaye, J.-P. Milési, R. Tchameni, E. N. Nsifa, C. M. Fanning, and E. Deloule "Shrimp U–Pb zircon age evidence for Paleoproterozoic sedimentation and 2.05-Ga syntectonic plutonism in the Nyong Group, southwestern Cameroon: consequences for the Eburnean–Transamazonian belt of NE Brazil and Central Africa", *Journal of African Earth Science*. Vol. 44, pp. 413–427, 2006.
- [15] S. Owona, J. O. Mvondo, L. Ratschbacher, S. P. Mbola Ndzana, M. F. Tchoua, and G. E. Ekodeck "The geometry of the Archean, Paleo- and Neoproterozoic tectonics in the Southwest Cameroon". *Comptes Rendus Geosciences*. Vol. 343, pp. 312–322, 2011.
- [16] S. Owona, J. Mvondo Ondoa, M. Tichomirowa, L. Ratschbacher, M. F. Tchoua, and G. E. Ekodeck "New 207Pb/206Pb–Zr evaporation, metamorphic 87Rb/86Sr–WR–Bt ages and tectonic imprints in the Archean So'o Group (Ntem Complex/Congo Craton, SW Cameroon)". *Global Journal of Geological Science*. Vol. 10, n°.1 pp. 99-109, 2012.
- [17] S. Owona, S. P. Mbola Ndzana, J. Mvondo Ondoa, M. Nsangou Ngapna, C. Nkabsaah, L. Ratschbacher, and G. E. Ekodeck "Geological control of geomorphologic units in the Southwest (SW) Cameroon (Central Africa)". *Journal of Geology and Mining Research* Vol. 4, n°.7, pp. 152-167, 2013a.
- [18] N. Boniface, V. Schenk, and P. Appel "Paleoproterozoic eclogites of MORB-type chemistry and three Proterozoic orogenic cycles in the Ubendian Belt (Tanzania): Evidence from monazite and zircon geochronology, and geochemistry", *Precambrian Research*. Vol.192, n°. 195, pp. 16– 33, 2012.
- [19] E. K. Nsifa, R. Tchameni, A. Nédélec, R. Siqueira, A. Pouclet and J. Bascou "Structure and petrology of Pan-African nepheline syenites from the South West Cameroon; Implications for their emplacement mode, petrogenesis and geodynamic significance" *Journal of African Earth Sciences*. Vol. 87, pp. 44–58, 2013.
- [20] E. J. M. Ottou, S. Owona, F. M. Owono, S. M. Ntomba, J. M. Akame, S. Koum and J. M. Ondoa "Analyse morphotectonique par couplage d'un modèle numérique de terrain (MNT) et des données de terrain d'une portion de

- zone mobile paléoprotérozoïque de la région Lolodorf-Mvengué (Complexe du Nyong, SW Cameroun)", Sciences, Technologies et Développement, Vol. 15, pp. 9-25, 2014.
- [21] E. J. M. Messi, S. M. Ntomba, F. B. Ndong, J. M. Akame, S. Owona and J. O. Mvondo "Géomorphologie structurale et risque naturel dans une portion de zone mobile du complexe du Nyong au SW Cameroun : cas de la région Lolodorf-Mvengue", Afrique Science. Vol. 10, n°4, pp. 288 – 298, 2014.
- [22] J. L. Feybesse, V. Johan, C. Triboulet, C. Guerrot, F. Mayaga-Minkolo, V. Boucho and J. Eko N'dong "The West Central African belt: a model of 2.5-2.0 Ma accretion and two phase orogenic evolution", Precambrian Research, Vol.87, pp. 161-216, 1998.
- [23] J. Penaye, S. F. Toteu, R. Tchameni, W. R. Van Schmus, J. Tchakounte, A. Ganwa, D. Minyem and E.N. Nsifa "The 2.1 Ga West Central African Belt in Cameroon". Journal of African Earth Science. Vol. 39, pp. 159–164, 2004.
- [24] P. Lasalle "L'or dans les sédiments meubles : formation des placers, extraction et occurrences dans le sud du Québec", DPV-745, Ministère de l'énergie et des Ressources, Direction des levés géoscientifiques, Québec, 1 carte p. 23, 1992.
- [25] L. H. Lattman "Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs", Photogrammetric Engineering, Vol. 24, pp. 568-576, 1958.

Gouvernance locale et pauvreté rurale en Tunisie : une analyse de la causalité au sens de Granger

[Local governance and rural poverty: an analysis of the causality in the sense of Granger]

Sonia Manai¹ and Lamia Arfaoui²

¹Assistant professor in economics at the University of Business and Administration of Tabuk in Saudi Arabia Kingdom, and Member of Research Unity of monetary financial and banking (URMOFIB) at the Faculty of Economics and Management of Tunis El Manar, Tunisia

²Assistant at the faculty of Economics and management of Jendouba, and Member of Research Unity of monetary financial and banking (URMOFIB) at the Faculty of Economics and Management of Tunis El Manar, Tunisia

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this paper is to study the relationship between rural poverty and local governance while emphasizing the importance of the link between agriculture and industry. Our empirical study focuses on the case of Tunisia over a period ranging from 1990 to 2010. The estimation results show that a reduction of rural poverty is achieved by improving local governance and a complementary relationship between agriculture and industry.

KEYWORDS: agriculture, industry, State, regional development, institutions, intervention.

RÉSUMÉ: l'objectif de cet article est d'étudier la relation entre la pauvreté rurale et la gouvernance locale tout en mettant l'accent sur l'importance de l'articulation entre l'agriculture et l'industrie. Notre étude empirique porte sur le cas de la Tunisie sur une période s'étalant de 1990 à 2010. Les résultats d'estimation montrent qu'une réduction de la pauvreté rurale est atteinte par amélioration de la gouvernance locale et une relation de complémentarité entre l'agriculture et l'industrie.

MOTS-CLEFS: agriculture, industrie, Etat, développement régional, institutions, intervention.

CLASSIFICATION JEL: I 32, O 43.

1 INTRODUCTION

L'élaboration de stratégies de lutte contre la pauvreté dans les zones rurales constitue une préoccupation majeure pour les pays en développement. Selon le rapport sur la pauvreté rurale 2011 du FIDA¹ (Fonds international de développement

¹ Fond International de Développement Agricole (2011) : « Rapport sur la pauvreté rurale »

agricole), les zones rurales des pays en développement abritent plus de 70 % de la population extrêmement pauvre et dans la plupart des pays en développement la pauvreté y est plus fréquente et plus marquée que dans les zones urbaines. Les pays en développement abritent 97% de la population rurale mondiale. Le même rapport remarque que près de 1 milliard de personnes souffrent de faim chronique et vivent dans les régions rurales alors que ce sont elles qui produisent les aliments de base. Les petits agriculteurs des pays en développement, travaillant dans l'agriculture de subsistance, sont ceux qui ont le plus de mal à nourrir leur propre famille. La hausse et l'instabilité des prix alimentaires ont fait plonger des millions d'entre eux dans la pauvreté extrême. Dans la plupart des pays, la pauvreté touche davantage les zones rurales que les zones urbaines, les écarts pouvant parfois être considérables, surtout dans les pays les plus pauvres.

Dans ce travail nous opérons un survol de la littérature sur la relation entre la gouvernance et la pauvreté dans une première section. Ensuite, dans une seconde section figure notre étude empirique sur la Tunisie qui s'étale sur la période allant de 1990 jusqu'à 2010.

2 RELATION ENTRE GOUVERNANCE ET PAUVRETE : UNE REVUE DE LA LITTERATURE

La pauvreté est largement définie dans la littérature du développement. Elle est perçue comme un manque des besoins primaires (privation matérielle) d'un être humain c'est-à-dire tout ce qui est nécessaire à un individu pour mener une vie respectable (nourriture, vêtements, abri, soins médicaux, éducation etc.). Mais, à partir des années 1990 d'autres paramètres sont inclus dans la définition de la pauvreté englobant la marginalisation et l'exclusion sociale. La lutte contre la pauvreté constitue le premier de l'ensemble des objectifs visés par le millénaire pour le développement. Selon des projections récemment actualisées de la Banque mondiale, le taux global de pauvreté devrait passer en dessous de 15 % d'ici à 2015, ce qui montre que cet objectif du millénaire pour le développement est réalisable. Toutefois, la réalisation d'un tel objectif requiert un ensemble de conditions parmi lesquelles figure la gouvernance.

La littérature portant sur la relation entre la réduction de la pauvreté et la gouvernance est riche. A ce niveau, H Schneider (1999)² qualifie la gouvernance participative comme le chaînon manquant dans la lutte contre la pauvreté. Il suffit de renforcer le pouvoir des populations défavorisées en leur donnant les moyens pour s'extraire de la pauvreté. Cela suppose l'existence d'un partenariat entre l'Etat et la société civile. Il s'agit d'envisager un processus dans lequel les populations défavorisées formulent des revendications ou soient aidées à s'organiser en tant que parties prenantes et acteurs à part entière. Les dites revendications supposent un climat de libertés civiques en particulier la liberté d'expression et d'association. Le renforcement du pouvoir des pauvres exige une meilleure productivité des ressources en l'occurrence humaines. Schneider donne l'exemple de l'éducation qui ne doit pas être uniquement accessible et abordable pour tous, mais doit contribuer également à l'amélioration du sort des plus démunis en favorisant leurs opportunités économiques, leurs conditions sanitaires et leur citoyenneté active.

Le renforcement du pouvoir des pauvres exige l'absence de toute barrière institutionnelle qui empêche la participation des pauvres³. Il s'agit en principe d'établir les principes d'une bonne gouvernance en renforçant la participation populaire, donner aux pauvres la possibilité de se faire entendre et améliorer la qualité et la fourniture des services qu'ils reçoivent.

Dans la même veine, l'économiste JOOP W. DE WIT (2000)⁴ met en évidence la nécessité de la présence d'une bonne gouvernance au niveau local pour améliorer la situation des catégories défavorisées dans les pays en développement. Sobhan (1998)⁵, dans une étude sur le Bangladesh met en évidence le rôle de la forte participation des ONG dans la conduite de renforcement du pouvoir des pauvres. L'auteur trouve un impact des ONG sur le microcrédit, l'éducation parascolaire et sanitaire, avec un renforcement modéré du pouvoir des populations défavorisées.

² Hartmut Schneider (1999) « Gouvernance participative : le chaînon manquant dans la lutte contre la pauvreté » OCDE, cahier de politique économique n 17.

³ Fonds d'Equipement des Nations Unies (2003) : « Le Pouvoir des Pauvres : la gouvernance locale pour la réduction de la pauvreté » p 75.

⁴ JOOP W. DE WIT (2000) : « TOWARDS GOOD GOVERNANCE AT THE LOCAL LEVEL; THE ROLE OF GRASSROOTS INSTITUTIONS »

⁵ SOBHAN, R. (1998), « How Bad Governance Impedes Poverty Alleviation in Bangladesh », Document technique n° 143, Centre de Développement de l'OCDE, Paris.

De sa part, Gonzales (1997)⁶, suite à l'application de la loi de participation populaire en Bolivie remarque un accroissement de la participation des collectivités rurales au processus de développement. Une autre étude faite par Carvalho (1998)⁷ sur la solidarité collective au Brésil met en évidence un renouveau de la prise de conscience de la nécessité de combattre l'extrême pauvreté au niveau de la société dans son ensemble, une amélioration de la rationalité, de l'efficacité et de la transparence de l'utilisation des ressources dans la lutte contre la pauvreté. Un exemple réussi est donné par le Sénégal qui a créé un conseil national de concertation et de coopération des ruraux en 1993. Il prend la forme d'une organisation de producteurs ruraux qui participent à l'élaboration du plan. Les activités du conseil ont amélioré la situation d'un grand nombre de ménages ruraux au Sénégal⁸.

3 ETUDE EMPIRIQUE

L'enquête sur le revenu, la consommation et le niveau de vie des ménages réalisée par l'Institut National de la Statistique (INS) en 2005 a confirmé la poursuite de la baisse du taux de pauvreté en Tunisie, Ce taux a diminué de 6 % à 4 % entre 1995 et 2000.

Tableau1 : Evolution du taux de pauvreté par milieu (en %)

Années	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Population Totale (x1000)	6369	7154,7	8144	9001,5	9598,3	10029
Population Pauvre (x1000)	823	554	544	559	399	376,5
Taux pauvreté %	12,9	7,7	6,7	6,2	4,2	3,8

Source INS 2005

Néanmoins, d'importantes différences entre le milieu rural et urbain existent. La même enquête a toutefois mis en évidence une remontée de la pauvreté dans le milieu rural, dans certaines régions à dominante agricole et rurale⁹ malgré que la Tunisie a l'un des taux de pauvreté les plus bas de la région MENA. Le tableau 2 montre une baisse du taux de pauvreté au niveau national mais ce taux demeure important dans le milieu rural tunisien.

Tableau 2 : Taux de pauvreté dans les milieux rural et urbain

Taux de pauvreté (en%)	12.9	7.7	6.7	6.2	4.2	3.8
Milieu urbain	11.8	8.4	7.3	7.1	4.9	1.9
Milieu rural	14.1	7	5.7	4.9	2.9	7.1

Source INS 2005

3.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

- Modèle économétrique :

$$\text{Pauv}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Va_agr}_t + \alpha_2 \text{Va_ind}_t + \alpha_3 \text{GRurale}_t + \varepsilon$$

⁶ Gonzalez M. L(1997) : « Participatory Governance for Poverty Alleviation, the Case of Water and Sanitation in Bolivia », Centre de Développement de l'OCDE, ronéo.

⁷ Cité par Shneider, p12.

⁸ MAUGÉ, K. et D. SAKHO (1998), « Gouvernance et réduction de la pauvreté : le cas du Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux au Sénégal », Centre de Développement de l'OCDE, ronéo.

⁹ M Elloumi et Boubaker DHEHIBI : « Politique agricole et pauvreté en milieu rural : une analyse par les prix agricoles et l'investissement en milieu rural tunisien » Conférence internationale "Inégalité et développement dans les pays méditerranéens" Galatasaray University Istanbul, Turkey 21-22-23 May 2009

DÉFINITION DES VARIABLES

Variables	Définitions	Source
Pauv	mesure le taux de pauvreté rurale monétaire	Institut National de la Statistique
Va_agr_t	la valeur ajoutée créée dans le secteur agricole	Banque Mondiale
Va_ind_t	la valeur ajoutée créée dans le secteur industriel	Banque Mondiale
GRurale_t	la gouvernance territoriale	Ministère de l'agriculture

La variable GR ou gouvernance rurale est une variable composite calculée comme moyenne pondérée des variables suivantes : le nombre d'associations agricoles Ass, le nombre de coopératives Coop, le pourcentage d'exploitants ayant des superficies inférieures à cinq hectares M, le pourcentage d'exploitants ayant des superficies comprises entre cinq et dix hectares N et les dépenses publiques rurales ou DPR.

3.2 MÉTHODE D'ESTIMATION ET INTERPRÉTATION

Nous avons affaire à une série chronologique avec l'indice t= 1990 à 2010 pour la période d'observation. L'analyse de la causalité entre la pauvreté et la gouvernance régionale nous amène à considérer plusieurs concepts : la causalité au sens de Granger (1980-2003) et la cointégration (Greene, 2005)

Pour conduire le test de causalité au sens de Granger, nous devons nous assurer de la stationnarité des variables. Le résultat des tests de stationnarité montre que notre série est stationnaire en niveau. Un examen de la matrice de corrélation des variables donne les coefficients qui figurent dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Matrice de corrélation entre les différentes variables

	VA_IND	VA_AGR	RURALE	PAUV
VA_IND	1.000000	-0.022687	-0.833278	0.695082
VA_AGR	-0.022687	1.000000	-0.261784	0.090587
RURALE	-0.833278	-0.261784	1.000000	-0.785184
PAUV	0.695082	0.090587	-0.785184	1.000000

La matrice de corrélation montre un coefficient négatif et non significatif entre la valeur ajoutée agricole et la valeur ajoutée industrielle. Il existe par suite une mauvaise articulation entre les deux secteurs, caractéristique importante d'un pays en développement. Le tableau montre aussi que la gouvernance rurale est corrélée négativement avec la pauvreté, ainsi une réduction du phénomène de la pauvreté est réalisable en présence d'une bonne gouvernance territoriale. A présent, nous analysons les tests de causalité à la Granger entre la pauvreté rurale et la gouvernance locale. Ils sont présents dans le tableau 4

Tableau 4 : le test de causalité entre la pauvreté rurale et la gouvernance rurale en Tunisie

Hypothèses	Valeur de la statistique F
1- Pauvreté ne cause pas Rurale	2.93106 (4,35)
2- Rurale ne cause pas Pauvreté	7.09370 (4,35)
3- Articulation ne cause pas Rurale	5.28556 (4,35)
4- Rurale ne cause pas Articulation	5.30758 (4,35)
5- Articulation ne cause pas Pauvreté	5.54517 (4,35)
6- Pauvreté ne cause pas Articulation	1.51880 (4,35)

Les valeurs entre parenthèses représentent les valeurs critiques de la statistique F de Fisher au seuil de 5%. La première hypothèse que nous testons est que la pauvreté rurale ne cause pas la gouvernance territoriale. Le résultat du test nous invite à conclure que le niveau de pauvreté enregistré justifie l'expansion de la gouvernance territoriale. En d'autres termes, l'accentuation de la pauvreté justifie la présence d'institutions et la nécessité d'une bonne gouvernance locale pour améliorer les conditions de vie des populations défavorisées. Il s'agit de donner le pouvoir aux pauvres pour s'exprimer et participer activement dans la prise de décision.

La deuxième hypothèse que nous testons est que la gouvernance locale ne cause pas la pauvreté rurale. Ici, par contre, la statistique calculée est largement supérieure à la valeur critique au seuil de 5%. Le test nous invite donc à rejeter notre hypothèse et à conclure que la gouvernance locale cause la pauvreté rurale. Ce qui revient à dire que les résultats confirment que la gouvernance a un impact significatif sur la réduction de la pauvreté. En d'autres termes, la présence des principes de base d'une bonne gouvernance dans le milieu rural tunisien contribue à une amélioration des services de base aux plus démunis et à une prise en conscience de leurs attentes et préoccupations vers une situation de bien être.

La variable notée articulation est le produit des deux variables : valeur ajoutée dans l'agriculture et valeur ajoutée dans l'industrie. Elle montre l'effet de la complémentarité sectorielle sur la pauvreté rurale. Selon le test de causalité, cette variable cause la gouvernance rurale. Autrement dit une relation de complémentarité entre les deux secteurs favorise une meilleure participation de la population défavorisée dans la prise de décision.

De sa part, la gouvernance rurale favorise une articulation au sens de la complémentarité entre les deux secteurs. En effet, l'application de la gouvernance améliore le milieu rural et pousse les autorités à développer une agriculture au service de l'industrie. Une intégration sectorielle favorise une baisse de la pauvreté. Depuis son indépendance, l'importance accordée à l'agriculture en Tunisie cache des lacunes du secteur. Les projets de développement mis en œuvre témoignent d'une approche descendante caractérisée par la quasi absence de la population dans la prise de décision et le choix des solutions. Ce n'est qu'au cours de la dernière décennie que change le mode d'intervention de l'Etat. On assiste alors à une présence plus forte des acteurs locaux et d'organes représentatifs dans leurs territoires. Ainsi, se crée au niveau de chaque gouvernorat un conseil régional de développement suivi d'un conseil rural pour arriver au conseil local de développement au niveau de la délégation. D'ailleurs, le développement de l'intégration sectorielle doit améliorer la situation des petits agriculteurs car il existe un problème de morcellement des terres. Dans ce cadre, les exploitations ayant une superficie de moins de cinq hectares a passé de 40% à 53% de la superficie totale des terres entre 1976 et 2005. Une redéfinition de la politique foncière dans le milieu agricole est indispensable. Le gouvernement peut intervenir par une simplification administrative, allègement des pénalités fiscales ou l'établissement d'un code foncier intégré.

La logique d'intervention des pouvoirs publics en Tunisie pour développer le milieu rural est qualifiée de descendante depuis les années soixante jusqu'à l'établissement des programmes de développement régional et rural (le programme de développement rural, le programme de développement régional et de l'animation rurale, le programme de développement rural intégré 1 et 2 et le programme d'élimination des zones d'ombre avec la création du fonds national de solidarité 26-26).

Toutefois, la politique de développement régional initiée dans le cadre des plans de développement n'a pas réussi à apporter un développement équitable et surtout participatif au monde rural. Ainsi, la stratégie pratiquée par les pouvoirs publics néglige les insuffisances du cadre institutionnel et politique. Encore plus, elle ramène la participation locale limitée à l'encouragement des groupements locaux d'intérêt collectif et à une dimension minimale de financement¹⁰.

La gouvernance locale permet alors « d'organiser une interdépendance dynamique entre agents économiques et institutions locales et exigeant en conséquence d'élire le territoire qui se transforme en un lieu de définition des problèmes et des choix à travers un cadre institutionnel représentatif et participatif ayant pour fin la partenarialisation de la gestion des activités d'intérêt général¹¹. »

Ainsi, la gouvernance locale est alors perçue comme une nouvelle forme de régulation territoriale capable d'encourager la réalisation d'un développement rural participatif. Mais cette gouvernance locale n'est pas encore définie en Tunisie à cause de l'insuffisance du cadre politique et institutionnel. La dite imperfection du cadre institutionnel revient à l'absence d'une participation locale effective bien que préconisée par les organisations internationales (Banque mondiale, UNESCO,

¹⁰ Souad Moussa Sellami (2009) : « L'administration de l'espace rural en Tunisie : de l'étatisation à la gouvernance » Actes du Colloque international « développement local et cohésion territoriale » Rabat les 19 et 20 juin 2009, pp37-56.

¹¹ Idem.

Nations Unies). La participation favorise une décentralisation du pouvoir et la définition de choix qui répondent aux attentes et aux aspirations des communautés. Les acteurs économiques que ce soit propriétaires ou exploitants agricoles ne jouissent pas de cette liberté de participation, la stratégie descendante exercée par les pouvoirs publics ne leur laisse que les incitations et les encouragements donnés par l'Etat comme réponse à leur soumission à la loi. La population rurale est alors encore dans l'incapacité de se représenter. D'ailleurs les ruptures et disparitions de communes rurales, de coopératives et de structures communautaires montrent que c'est l'administration étatique qui prévaut créant par là un vide social. La tentative de l'Etat de combler ce vide par la création de conseil local de développement dans chaque délégation dans le but d'être à l'écoute des préoccupations de la population n'a pas donné ses fruits. Ces conseils ne sont plus la représentation du monde rural. L'insuffisance institutionnelle est également expliquée par un autre vide de type juridique concrétisé par l'absence d'un cadre législatif qui régleme l'aménagement rural. Etant conscients de ce vide, l'Etat tunisien procède par l'initialisation d'une étude sur la stratégie nationale d'aménagement rural (SNAR).

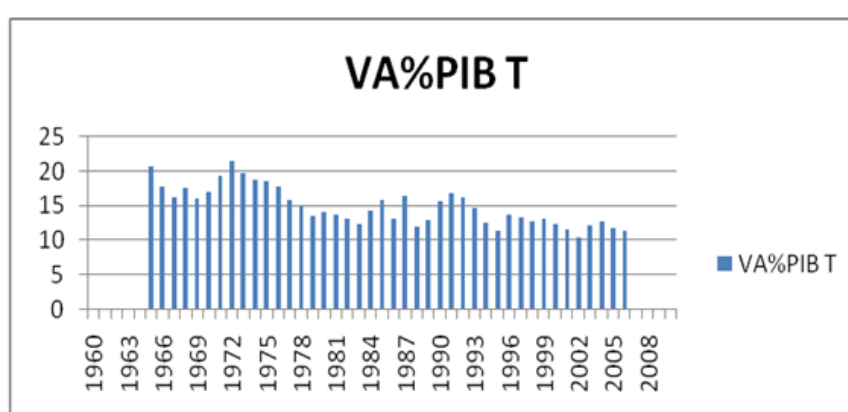
Une estimation de notre modèle par la méthode des moindres carrés ordinaires montre les résultats qui figurent dans le tableau suivant :

variables	coefficient	t-statistic	Prob
G Rurale	-0.087870	-3.616482	0.0020
Va_ag	0.167164	0.567241	0.5776
Va_ind	1.122116	4.516470	0.0003

Les coefficients associés à la gouvernance locale montrent qu'une bonne gouvernance territoriale et la présence de la population en particulier défavorisée dans la prise de décision contribue à la baisse de la pauvreté. Depuis son indépendance, l'importance accordée à l'agriculture en Tunisie cache des lacunes du secteur. Les projets de développement mis en œuvre témoignent d'une approche descendante caractérisée par la quasi absence de la population dans la prise de décision et le choix des solutions.

Une étude faite par la Banque mondiale sur la politique agricole en Tunisie (2006)¹² montre que les coopératives agricoles ou groupement interprofessionnels et même l'union tunisienne de l'agriculture et de la pêche ne peuvent pas être considérés comme des représentants des intérêts des agriculteurs. L'Etat peut rendre ces groupements plus efficaces par un renforcement de leurs ressources et une meilleure redéfinition de leurs modalités de gouvernance pour que les exploitants agricoles en soient vraiment responsables. Par ailleurs, malgré que l'agriculture représente un secteur économique assez important en Tunisie du fait qu'il contribue à raison de 12% du PIB (voir graphique), près de 25% de l'emploi et de 12% des exportations des biens, il reste toujours négligé et souffre de plusieurs lacunes. Sa part dans le total des dépenses de l'Etat (soit 7% du total des dépenses) en constitue un indicateur.

Graphique : Valeur ajoutée de l'agriculture en % PIB



Source : données de la banque mondiale

¹² Banque Mondiale (2006) : « Tunisie examen de la politique agricole » rapport n° 35239

Les différentes lacunes concernent principalement les ressources naturelles limitées et parfois surexploitées, les conditions de production agricole difficiles, les ressources hydrauliques insuffisantes et leur mobilisation qui n'a permis l'irrigation que 400000 ha ce qui représente 7% de la surface agricole utile¹³. De plus, les investissements en direction du secteur agricole ont enregistré une baisse continue depuis les années 1980.

L'Etat peut améliorer le secteur agricole par le financement de la vulgarisation et de la recherche qui constituent des services essentiels du gouvernement. D'ailleurs la vulgarisation et la recherche ne sont pas en mesure de répondre aux problèmes que vivent les agriculteurs. Ainsi, l'Etat est invité à réformer la gestion de la recherche et de la vulgarisation en institutionnalisant les consultations d'exploitants agricoles et une budgétisation par objectifs. Donc une reconfiguration des institutions et des processus est nécessaire pour qu'elles répondent aux attentes et aux besoins des agriculteurs.

Un simple coup d'œil sur le tableau montre un coefficient positif et significatif associé à la variable valeur ajoutée dans l'industrie. Cette dernière est censée être un facteur de réduction de la pauvreté vu sa capacité à créer les emplois dans le pays. Toutefois, le secteur industriel tunisien a été fortement dépendant des biens d'équipement importés, cette dépendance a poussé à une articulation agriculture-industrie caractérisée par une soumission de la première à la seconde d'où un transfert massif du surplus agricole vers les secteurs non agricoles¹⁴ ce qui a déclenché un processus d'appauvrissement de la paysannerie qui a stimulé l'exode rural et une transformation de la structure de la force de travail de plus en plus caractérisée par un manque de main d'œuvre adulte et alphabète. Ainsi, l'agriculture utilise plus de mécanisation donc plus d'importation des biens d'équipement. De ce fait, s'enregistre une augmentation du coût de la production agricole. Mais cette augmentation n'a pas été compensée par les rendements agricoles. Ce qui explique le déclin de la part des revenus agricoles dans le revenu national. Après l'application du PAS, l'agriculture n'a pas le même poids dans la stratégie de développement économique et social de la Tunisie. D'ailleurs, la part de l'agriculture dans les investissements globaux a diminué passant de 12.9% dans le 5^{ème} plan (1977-1981) à 10.3% dans le 10^{ème} plan (2002-2006)¹⁵. Ce plan d'ajustement structurel n'était pas favorable à l'agriculture car la hausse des taux d'intérêt combinée avec une dévaluation du dinar tunisien ont stimulé une augmentation des prix des machines agricoles et des semences¹⁶.

4 CONCLUSION

La gouvernance locale est alors perçue comme une nouvelle forme de régulation territoriale capable d'encourager la réalisation d'un développement rural participatif. Elle consiste à mieux articuler les variables institutionnelles avec les nouvelles formes d'actions collectives en accordant un rôle majeur à ces dernières. Mais cette gouvernance locale n'est pas encore définie en Tunisie à cause de l'insuffisance du cadre politique et institutionnel. La dite imperfection du cadre institutionnel revient à l'absence d'une participation locale effective. La participation favorise une décentralisation du pouvoir et la définition de choix qui répondent aux attentes et aux aspirations des communautés. La tentative de l'Etat de créer un conseil local de développement dans chaque délégation dans le but d'être à l'écoute des préoccupations de la population n'a pas donné ses fruits. Ces conseils ne sont plus la représentation du monde rural. La classe défavorisée du monde rural ne jouit pas de cette liberté de participation, la stratégie descendante exercée par les pouvoirs publics ne leur laisse que les incitations et les encouragements donnés par l'Etat comme réponse à leur soumission à la loi. La population rurale est alors encore dans l'incapacité de se représenter. La Tunisie, comme les autres pays en développement doit prendre conscience que des institutions publiques doivent avoir les capacités leur permettant de faire face à différentes difficultés. Notamment, il s'agit de renforcer les capacités de l'Etat en vue de le rendre plus compétent, inclusif, et répondant aux besoins des citoyens en particulier au niveau rural. La pratique d'une bonne gouvernance au niveau local permet de prendre conscience des occupations et attentes des populations rurales défavorisées. Il s'agit de donner le pouvoir aux pauvres. Une meilleure gouvernance dans le milieu rural tunisien associée avec une amélioration de l'intégration sectorielle entre l'agriculture et l'industrie permet d'accroître les revenus et le pouvoir d'achat d'un très grand nombre de personnes dans les zones rurales et par suite de réduire la pauvreté rurale.

¹³ Mohamed Elloumi(2006) : « L'agriculture tunisienne dans un contexte de libéralisation » revue Région et Développement n°23p129-160.

¹⁴ Abdeljelil Bedoui (1993) : « Analyse critique des fondements du programme d'ajustement structurel (PAS) et propositions pour un projet alternatif » Revue Tunisienne d'Economie n°3 et 4.

¹⁵ Idem, p. 147.

¹⁶ Ati Abdessatar (1995), op.cit p 329.

REFERENCES

- [1] Abdeljelil Bedoui (1993) : « Analyse critique des fondements du programme d'ajustement structurel (PAS) et propositions pour un projet alternatif » Revue Tunisienne d'Economie n°3 et 4.
- [2] Ati Abdessatar (1995) : « Structures du capital et développement : Analyse théorique et application au cas Tunisien » Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée, Aix-en-Provence.
- [3] Banque Mondiale (2006) : « Tunisie examen de la politique agricole » rapport n° 35239
- [4] Fond International de Développement Agricole (2011) : « Rapport sur la pauvreté rurale »
- [5] Fonds d'Equipeement des Nations Unies (2003) : « Le Pouvoir des Pauvres : la gouvernance locale pour la réduction de la pauvreté »
- [6] Gonzalez M. L(1997) : « Participatory Governance for Poverty Alleviation, the Case of Water and Sanitation in Bolivia », Centre de Développement de l'OCDE, ronéo.
- [7] Hartmut Schneider (1999) « Gouvernance participative : le chaînon manquant dans la lutte contre la pauvreté » OCDE, cahier de politique économique n 17.
- [8] JOOP W. DE WIT (2000): « Towards good governance at the local level: the role of grassroots institutions »
- [9] MAUGÉ, K. et D. SAKHO (1998), « Gouvernance et réduction de la pauvreté : le cas du Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux au Sénégal », Centre de Développement de l'OCDE, ronéo.
- [10] Mohamed Elloumi et Boubaker DHEHIBI : « Politique agricole et pauvreté en milieu rural : une analyse par les prix agricoles et l'investissement en milieu rural tunisien » Conférence internationale "Inégalité et développement dans les pays méditerranéens" Galatasaray University Istanbul, Turkey 21-22-23 May 2009
- [11] Mohamed Elloumi (2006) : « L'agriculture tunisienne dans un contexte de libéralisation » revue Région et Développement n°23p129-160.
- [12] SOBHAN, R. (1998), « How Bad Governance impedes poverty alleviation in Bangladesh », Document technique n° 143, Centre de Développement de l'OCDE, Paris.
- [13] Souad Moussa Sellami (2009) : « L'administration de l'espace rural en Tunisie : de l'étatisation à la gouvernance » Actes du Colloque international « développement local et cohésion territoriale » Rabat les 19 et 20 juin 2009. pp37-56.

ANNEXES

Pairwise Granger Causality Tests

Date: 03/13/12 Time: 17:47

Sample: 1990 2010

Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PAUV does not Granger Cause RURALE	20	2.93106	0.1051
RURALE does not Granger Cause PAUV		7.09370	0.0164
ART does not Granger Cause RURALE	20	5.28556	0.0345
RURALE does not Granger Cause ART		5.30758	0.0341
ART does not Granger Cause PAUV	20	5.54517	0.0308
PAUV does not Granger Cause ART		1.51880	0.2346

Dependent Variable: PAUV
 Method: Least Squares
 Date: 03/14/12 Time: 13:38
 Sample: 1990 2010
 Included observations: 21

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RURALE	-0.087870	0.024297	-3.616482	0.0020
VA_AGR	0.167164	0.294697	0.567241	0.5776
VA_IND	1.122116	0.248450	4.516470	0.0003
R-squared	0.527050	Mean dependent var		0.065140
Adjusted R-squared	0.474500	S.D. dependent var		0.029197
S.E. of regression	0.021165	Akaike info criterion		-4.741330
Sum squared resid	0.008064	Schwarz criterion		-4.592113
Log likelihood	52.78397	Hannan-Quinn criter.		-4.708946
Durbin-Watson stat	0.445835			

Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire)

[Soil degradations and recent spatial and temporal changes in rainfall on the watershed Marahoué (Ivory Coast)]

Guy Richard IRIE, Gneneyougo Emile SORO, and Tié Albert GOULA BI

UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement,
Université NANGUI ABROGOUA,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2015 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: Marahoué Watershed faces significant variability of its bioclimatic conditions. The aim of this study is to analyze the dynamics of land use between 1986 and 2006 and recent trends in rainfall especially after the 2000s. To achieve this aim, a diachronic analysis of satellite images and the spatial and temporal variability of rainfall over the period 1970-2008 using statistical methods were used. The results come as bare soil/habitats and crops increases significantly when the watercourse, wetlands, dense forests and forest galleries regress sharply. The increase in bare soil / habitats and crops show the important role of human activities in the dynamics of land use. In addition, the rainfall decrease in watershed from 1970 with large deficits in the order of 15-37% has also contributed to the drying up of watercourses and reduction of wetlands. Moreover, the results show a recovery rainfall after 2000 throughout the watershed.

KEYWORDS: land use, rainfall variability, watercourses, Watershed Marahoué.

RESUME: Le bassin versant de la Marahoué connaît une variabilité importante de ses conditions bioclimatiques. Dans un tel contexte, l'objet de la présente étude est analyser la dynamique de l'occupation du sol entre 1986 et 2006 et les récentes tendances de la pluviométrie notamment après la décennie 2000. Pour ce faire, une analyse diachronique des images satellitaires ainsi la variabilité spatio-temporelle des précipitations sur la période 1970-2008 à partir de méthodes statistiques ont été menée. Les résultats relèvent que les sols nus/habitats et les cultures augmentent de façon significative alors que les retenues d'eau, zones humides, forêts denses et forêts galeries qui régressent fortement. L'augmentation des sols nus/habitats et cultures montrent le rôle prépondérant des activités anthropiques dans la dynamique de l'occupation du sol. En outre, la baisse pluviométrique qu'a connue le bassin versant à partir de 1970 avec des déficits importants de l'ordre de 15 à 37 % a également concouru à l'assèchement des plans d'eau et à la réduction des zones humides. Par ailleurs, les analyses montrent une reprise pluviométrique après 2000 sur l'ensemble du bassin versant.

MOTS-CLEFS: Occupation de sol, variabilité pluviométrique, Étendue d'eau, Bassin versant de la Marahoué.

1 INTRODUCTION

Les variations environnementales terrestres, du fait de la modification des échanges avec la couverture végétale, modulent en grande partie la mosaïque des climats régionaux, notamment au travers de paramètres tels que l'albédo, les ressources en eau du sol et le cycle de l'eau aérien [1]. En effet, les modifications affectant la couverture végétale d'un

espace donné, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle, ont une influence plus ou moins directe sur la relation existant entre les précipitations et les écoulements de surface [2]. En outre, la nature de la couverture végétale intervient sur l'intensité de cinq processus fondamentaux dans le cycle de l'eau à la surface : interception, évaporation directe après interception, infiltration dans le sol, évapotranspiration et écoulement de surface [3]. Pays de forêt et de savane, la Côte d'Ivoire connaît, depuis maintenant plus de 40 ans, une variabilité importante de ses conditions bioclimatiques. Corrélativement à cette variabilité climatique, on observe une modification dans la dynamique du couvert végétal [4]. Selon la référence [5], cette baisse pluviométrique correspond chronologiquement au début de la déforestation massive en Côte d'Ivoire survenue pendant la décennie 1961-1970. Ainsi, diverses études ([6], [7], [8], [9], [10]), montrent qu'une tendance à la sécheresse s'est manifestée à partir de la fin de la décennie 1960. Cette évolution des précipitations se traduit par des variations qui se manifestent par la baisse des hauteurs de pluie au sein des séries chronologiques pluviométriques [11]. Cependant, l'apparition de quelques années excédentaires à la fin de la décennie 2000 amène à s'interroger sur la fin de la période sèche qui dure depuis le début des années 1970. Des auteurs ont tenté d'apporter des réponses à ces incertitudes en rattachant la décennie 2000 aux décennies sèches antérieures ([12], [13]). Mais leurs études sont beaucoup plus limitées à la région sahélienne et ne permettent donc pas de confirmer ou d'infirmer, dans les régions tropicales, l'idée d'un retour à des conditions climatiques plus humides, comparables à la situation des années 1950 et 1960. C'est dans un tel contexte que cette étude a été initiée en Côte d'Ivoire sur le bassin versant de la Marahoué, zone soumise à une activité agricole intense, à cheval entre deux régimes pluviométriques et deux écosystèmes (savane et forêt). Ce bassin un exemple particulièrement représentatif de la nécessité d'une approche globale pour comprendre les variations climatiques récentes en liaison avec la dynamique du couvert végétal. Ainsi, l'étude vise à l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol entre 1986 et 2006 et les récentes tendances de la pluviométrie notamment après la décennie 2000.

Pour ce faire, cette approche concerne l'analyse diachronique des images satellitaires ainsi la variabilité spatio-temporelle des précipitations sur la période 1970-2008 à partir de méthodes statistiques.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Marahoué est située entre la longitude 5°5' et 7°1' Ouest et la latitude 6°7' et 9°5' Nord (Fig.1). Elle a une superficie de 24 300 km². C'est l'affluent le plus important de la rive droite du fleuve Bandama. La Marahoué (ou Bandama Rouge) prend nord de la Côte d'Ivoire aux alentours de la région de Boundiali. La longueur du cours d'eau principal est de 550 km. Le cours d'eau principal, la Marahoué est encadré par deux affluents : le Béré à l'Est et le Yani ou Bahoroni à l'Ouest, il se jette dans le Bandama blanc à l'endroit où se trouve le village de Bozi, peu après la ville de Bouaflé.

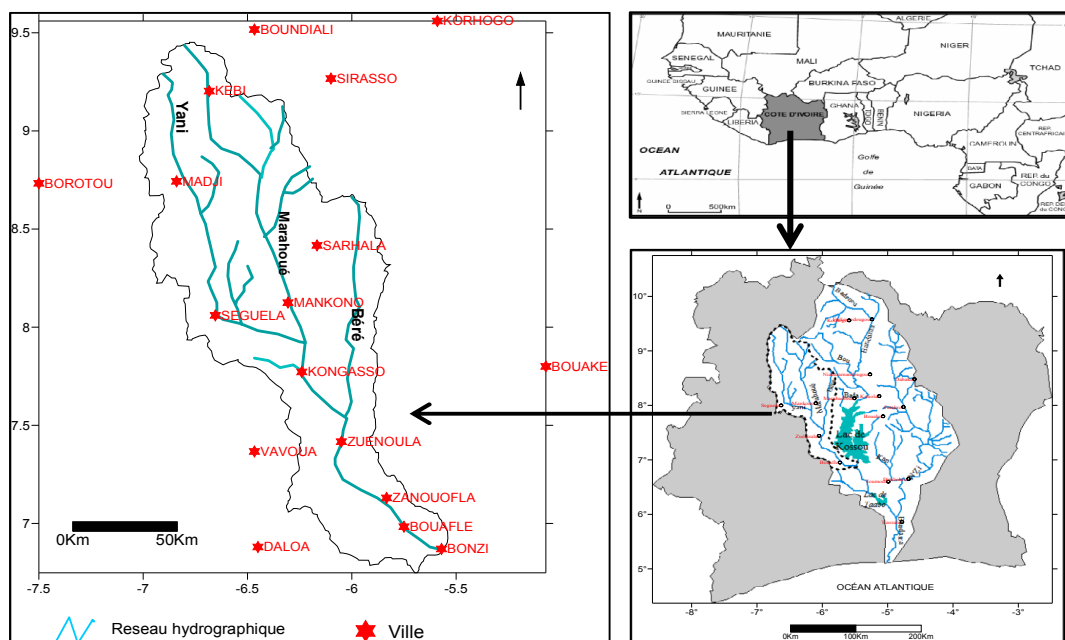


Fig. 1. Situation géographique du bassin versant de la Marahoué

3 DONNÉES ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Les données pluviométriques utilisées proviennent de la Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Pour cette étude, sept stations pluviométriques (Bouaflé, Zuénoula, Vavoua, Sarhala, Sirasso, Borotou, Boundiali) et trois stations synoptiques (Daloa, Bouaké, Korhogo) situés sur le bassin et au voisinage immédiat ont été utilisées. Les postes ont été choisis parce qu'ils disposent de données de bonne qualité sur une longue période. Les données sont disponibles au pas de temps mensuel et annuel. La période d'étude s'étend sur 39 ans (1970-2008) pour la variabilité interannuelle des pluies.

3.2 DONNÉES OPTIQUES

Les images satellitaires utilisées sont les images ETM et ETM+ (Enhancement Thematic Mapper plus) de Landsat 7. L'étude du bassin a nécessité cinq scènes ETM+ du Satellite Landsat 7 : 197-053, 197-054, 198-053, 198-054, 198-055. Ces données ont été acquises les 16/11/1986 et le 15/11/2006. Cette période de l'année correspond à la grande saison sèche d'où la quasi absence de nuages et d'humidité dans l'air. Ces scènes sont disponibles sur le site <http://glcfapp.umi.acs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Les images satellitaires utilisées sont des images de Landsat fournies par les sites Internet américain (<https://zulu.ssc.gov/mrsid>) et (<http://glcfapp.umi.acs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>). Elles concernent les scènes 197-053, 197-054, 198-053, 198-054, 198-055. Elles couvrent le bassin versant de la Marahoué. Ces images ont déjà subi des prétraitements, c'est-à-dire des corrections radiométriques et géométriques. Les caractéristiques des images sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des images Landsat ETM et ETM+

Bassin versant	Résolution spatiale	Nombre de bande	Données de scènes ETM et ETM+	Date
Marahoué	30 X 30 m	7 Bandes	p197r053, p197r054, p198r053, p198r54 et p198r55	1986
		8 Bandes	p197r053, p197r054, p198r053, p198r54 et p198r55	2006

4 MÉTHODES

4.1 CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL

4.1.1 COMPOSITION COLORÉE

Les compositions colorées ont consisté à afficher simultanément à l'écran, trois bandes d'images dans les canaux de base (Rouge, Vert et Bleu). L'opération permet de faciliter l'interprétation des données.

4.1.2 CLASSIFICATION DES IMAGES LANDSAT

Une classification supervisée a été réalisée. Cette approche est la technique la plus répandue et la plus couramment utilisée dans la cartographie de l'occupation du sol par télédétection satellitaire [14]. Un algorithme de classification supervisée « maximum de vraisemblance (MDV) » pour classer les images a été choisi par la suite. Ce dernier est très utilisé dans les classifications supervisées et est considéré comme le plus performant des algorithmes dans la production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol ([15] in [14]).

4.1.3 DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

L'analyse diachronique des images couvrant le bassin versant a permis de mieux apprécier la dynamique de l'occupation du sol [16]. Les taux de transformation des différentes classes d'occupation du sol sont ainsi donnés par la formule suivante :

$$T = \left[1 - \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \times 100 \quad (\text{Éq.1}) ;$$

Avec : T = taux de conversion ;
 S_1 = superficie du thème à la date 1 ;
 S_2 = superficie du thème à la date 2 ;
 n = nombre d'année entre les deux dates.

4.2 CARACTERISATION DE LA VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DES PLUIES

4.2.1 ANALYSE DE LA VARIABILITE TEMPORELLE DES PLUIES

4.2.1.1 METHODE DES INDICES DE NICHOLSON (1980)

La méthode des indices de la référence [17] permet de mettre en évidence les périodes excédentaires et déficitaires au sein d'une série chronologique. Pour chacun des postes pluviométriques retenus, un indice annuel de la variable pluviométrique a été déterminé. Il se définit comme une variable centrée réduite exprimée par l'équation suivante:

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (\text{Éq.2}) ;$$

Avec :

I_i :indice annuelle de la variable pluviométrique ;
 x_i :module annuel de la variable de l'année i ;
 $\bar{x}$:moyenne interannuelle de la variable sur la période d'étude ;
 σ :écart type de la série pluviométrique sur la période d'étude.

4.2.1.2 FILTRE NON RECURSIF PASSE BAS DE HANNING D'ORDRE 2

La méthode filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2, appelée aussi moyenne mobile pondérée, permet d'éliminer les variations saisonnières dans une série chronologique. Le calcul des totaux pluviométriques pondérés est effectué au moyen des équations présentées par la référence [18] dont le principal est:

$$X_{(t)} = 0,06X_{(t-2)} + 0,25X_{(t-1)} + 0,38X_{(t)} + 0,25X_{(t+1)} + 0,06X_{(t+2)} \quad (\text{Éq.3}),$$

Pour $3 \leq t \leq (n-2)$

Où $X_{(t)}$ est le total pluviométrique pondéré du terme t, $X_{(t-2)}$ et $X_{(t-1)}$ sont les totaux pluviométriques observés de deux termes qui précèdent immédiatement le terme t, et $X_{(t+2)}$ et $X_{(t+1)}$ sont les totaux pluviométriques observés de deux termes qui suivent immédiatement le terme t. Les valeurs pluviométriques pondérées sont ensuite centrées et réduites pour mieux visualiser les périodes d'excédent et de déficit pluviométriques.

4.2.1.3 TEST DE PETTITT (1979) [19]

Le test de rupture vient en appoint aux indices standards car l'existence de modification brutale dans les séries chronologiques est une cause possible de la rupture de l'homogénéité de ces séries [20]. Le test de Pettitt a été retenu dans cette étude. C'est un test non-paramétrique qui dérive de la formulation du test de Mann-Whitney. Il a été utilisé dans de nombreux travaux ([21], [11], [22]).

4.2.2 DÉTERMINATION DES DÉFICITS PLUVIOMÉTRIQUES

Cette méthode consiste à déterminer le pourcentage de variations de la moyenne de la série considérée (pluie, débit,...) d'une sous-période T_i autour de la période T considérée [13]. Pour de la variable pluviométrique dont la série chronologique présente une rupture, cette méthode précise le pourcentage de variation de la moyenne autour de la date de rupture en appliquant la formule suivante :

$$D = \frac{\bar{x}_j}{\bar{x}_i} - 1 \quad (\text{Éq.4}),$$

où :

$\bar{X}_j$: moyenne de la période après la rupture ;

$\bar{X}_i$: moyenne de la période avant la rupture ;

Si $D \geq 0$ alors il y a un excédent pluviométrique ou de débit de la période après la rupture par rapport à celle avant la rupture ;

Si $D < 0$ on parle de déficit pluviométrique ou de débit de la période après la rupture par rapport à celle avant rupture

4.2.2.1 ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIALE DES PLUIES (METHODE DU KRIGEAGE)

La méthode de krigeage est utilisée pour le tracé des isohyètes. C'est une méthode d'interpolation spatiale stochastique qui tient compte à la fois de la configuration géométrique des points observés et de la structure spatiale propre à la variable estimée. Elle consiste à prévoir la valeur de la variable régionalisée étudiée en un site non échantillonné par une combinaison linéaire de données ponctuelles adjacentes afin d'obtenir une prévision non biaisée et de variance minimale [23]. Dans la présente étude, les indices ainsi que les déficits et excédents pluviométriques sont à spatialiser.

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 ANALYSE DU CHANGEMENT D'ETATS DE SURFACE

5.1.1 CLASSIFICATION DE L'OCCUPATION DU SOL

La classification a été réalisée avec une précision globale respective de 94,56 % et 98,50%. Elle a permis d'identifier six thèmes de l'occupation du sol : l'eau, les zones humides, les forêts, forêt dégradée, les cultures et les habitats-sol nu (tableau 2 et 3). Globalement, ces thèmes sont bien classifiés avec une précision supérieure à 90%.

Tableau 2. Matrice de confusion de la classification supervisée de l'image Landsat TM de 1986

Classe	Eau	Zone humide	Forêt	Forêt dégradée	Culture	Sol nu/ habitat
Eau	99,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zone humide	0,00	99,42	0,00	0,00	0,00	0,00
Forêt dense	0,11	0,00	93,26	9,24	2,20	0,00
Forêt dégradé	0,00	0,29	4,78	93,15	3,98	0,90
Culture	0,00	0,00	1,97	6,76	93,82	1,50
sol nu/habitat	0,23	0,29	0,00	0,09	0,00	97,61
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Précision globale = 96,15333 % ; Kappa Coefficient = 0,958

Tableau 3. Matrice de confusion de la classification supervisée de l'image Landsat ETM+ de 2006

Classe	Eau	Zone humide	Forêt dense	Forêt dégradée	Culture	sol nu/ habitat
Eau	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zone humide	0,00	97,26	0,00	0,00	0,11	0,00
Forêt dense	0,00	0,00	99,04	0,57	0,33	0,00
Forêt dégradé	0,00	0,00	0,64	99,01	0,76	0,11
Culture	0,00	1,76	0,32	0,00	97,82	0,00
Sol nu/ habitat	0,00	0,98	0,00	0,42	0,98	99,89
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Précision globale = 98,4968% ; Kappa Coefficient = 0,9813

5.1.2 ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL DE 1986 A 2006

L'analyse diachronique des images met en évidence une mutation des différentes classes (Fig. 2). Les classes eau, zone humide, forêt dense et forêt dégradée connaissent une régression (Fig 3). Ainsi, la surface totale occupée par l'eau sur le bassin est passée de 2783,3 Km² (13%) en 1986 à 1415,2 Km² (6,61%) en 2006 soit une régression de 1368,1 Km²; ce qui correspond à un taux de 3,44%. Quant à la zone humide, elle est passée de 4416,9 Km² (20,63%) en 1986 à 2254,5 Km² (10,53%) en 2006 soit une régression de 2162,1 Km² correspondant à un taux de -3,42%. Par ailleurs, les classes cultures et sols nus-habitats sont en nette progression (Fig. 4). Les classes culture et sol nu/habitat, sont passés respectivement de 4055,1 Km² (18,94%) et 3158 Km² (14,75%) en 1986 à 4785,1 Km² (22,35%) et 7307,2 Km² (34,13%) soit des taux d'accroissement respectif de 0,82% et 4,11%.

La perte forestière s'est effectuée principalement au profit des cultures pérennes (cacao, café) et annuelles (igname, riz, banane plantain). Les classes d'occupation du sol les forêts denses et dégradées sont passées de 1986 à 2006 respectivement de 3611,9 (16,87%) à 2637,7 Km² (12,32%) et de 3384,9 Km² (15,81%) à 3010,2 Km² (14,06%). Les pertes se chiffrent à 964,2 Km² pour la forêt dense et à 374,7 Km² pour les forêts dégradées. Il est noté que les étendues d'eau ont tendance à disparaître pour être remplacées par des espaces de la végétation humide ou sèche puis par des cultures ou des habitations sur la période 1986-2006 (Fig 2).

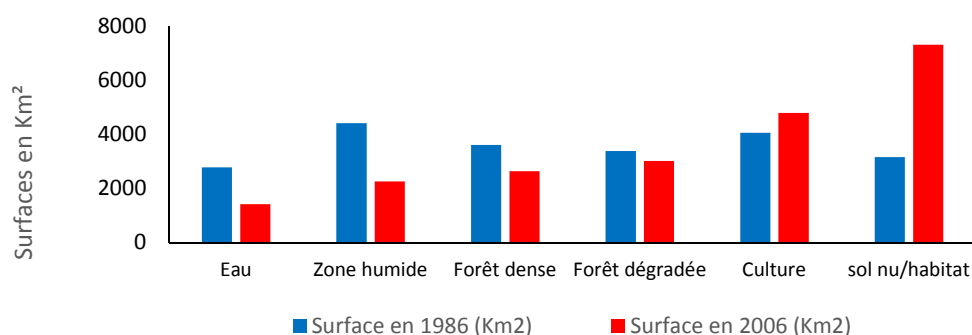


Fig. 2. Évolution de la surface des types d'occupation de sol de 1986 à 2006

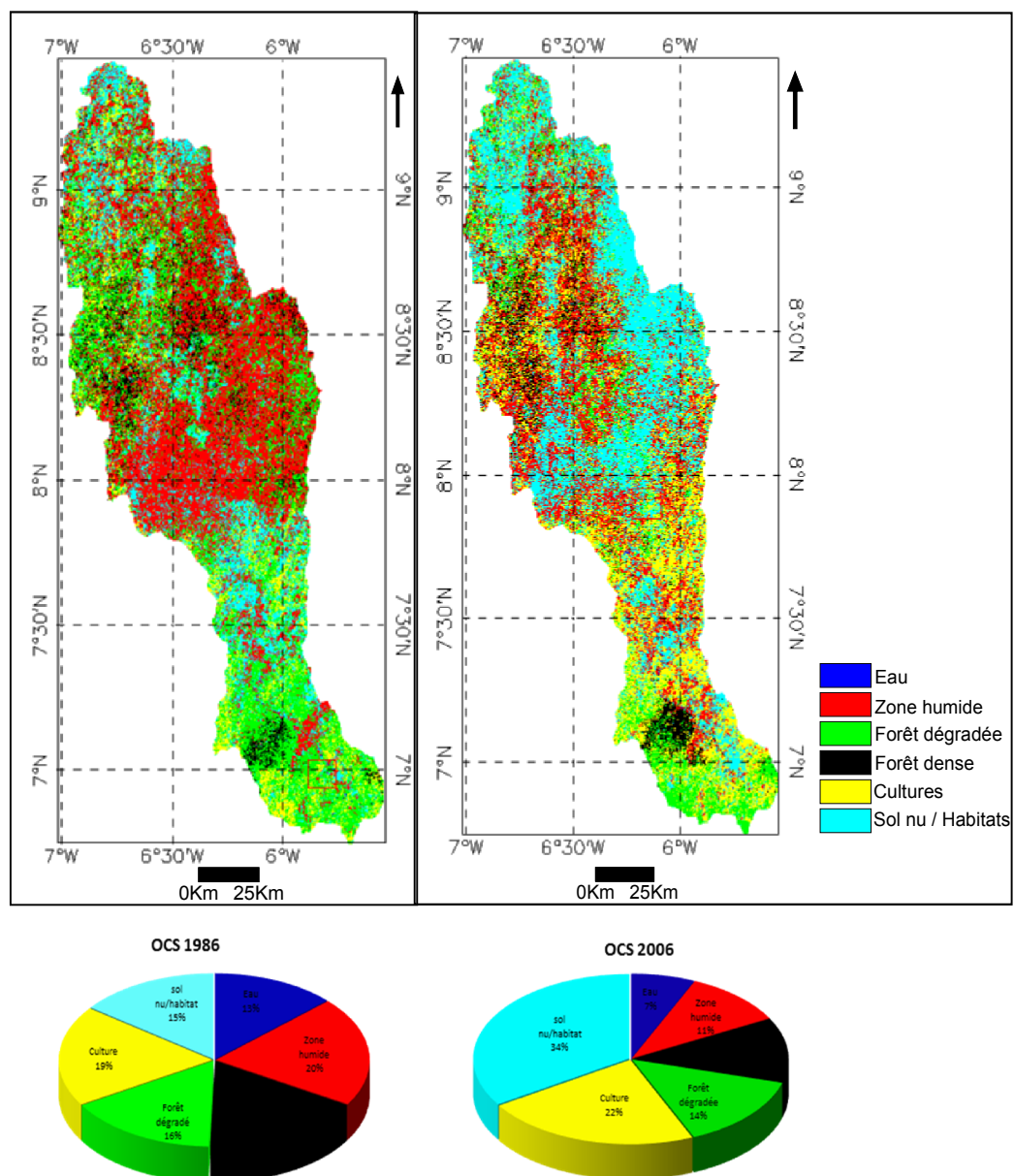


Fig. 3. Évolution des classes d'occupation du sol issue de la MDV sur 20 ans

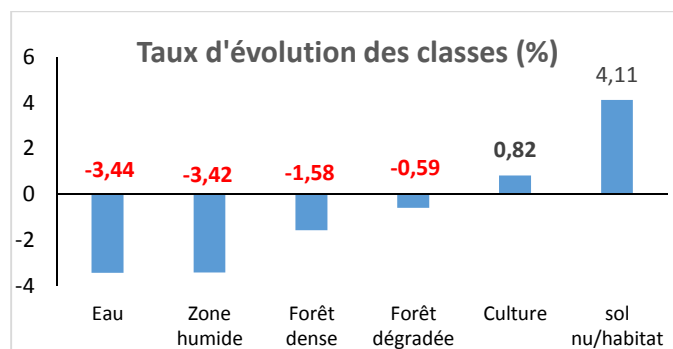


Fig. 4. Taux d'évolution des différentes classes

6 VARIABILITÉ INTERANNUELLES DES PLUIES

6.1.1 ANALYSE TEMPORELLE DES PRÉCIPITATIONS

6.1.1.1 REGIME TROPICAL DE TRANSITION (ZONE NORD)

La figure 5 permet de dégager (3) trois périodes pluviométriques. Il s'agit de la période humide, de la période sèche et de la reprise de la pluviométrie. Globalement, avant 1975, la pluviométrie était excédentaire avec des indices positifs sur l'ensemble des stations de la zone nord du bassin versant. La période 1976-2000 a été caractérisée par une baisse pluviométrique entraînant un déficit important marqué par des indices négatifs. Cette période a été très longue comparativement à la période humide. Par ailleurs, on observe une reprise pluviométrique à partir 2001 aux stations de Boundiali et Sirasso. Quant aux stations de Borotou et Sarhala, la reprise a commencé en 2003.

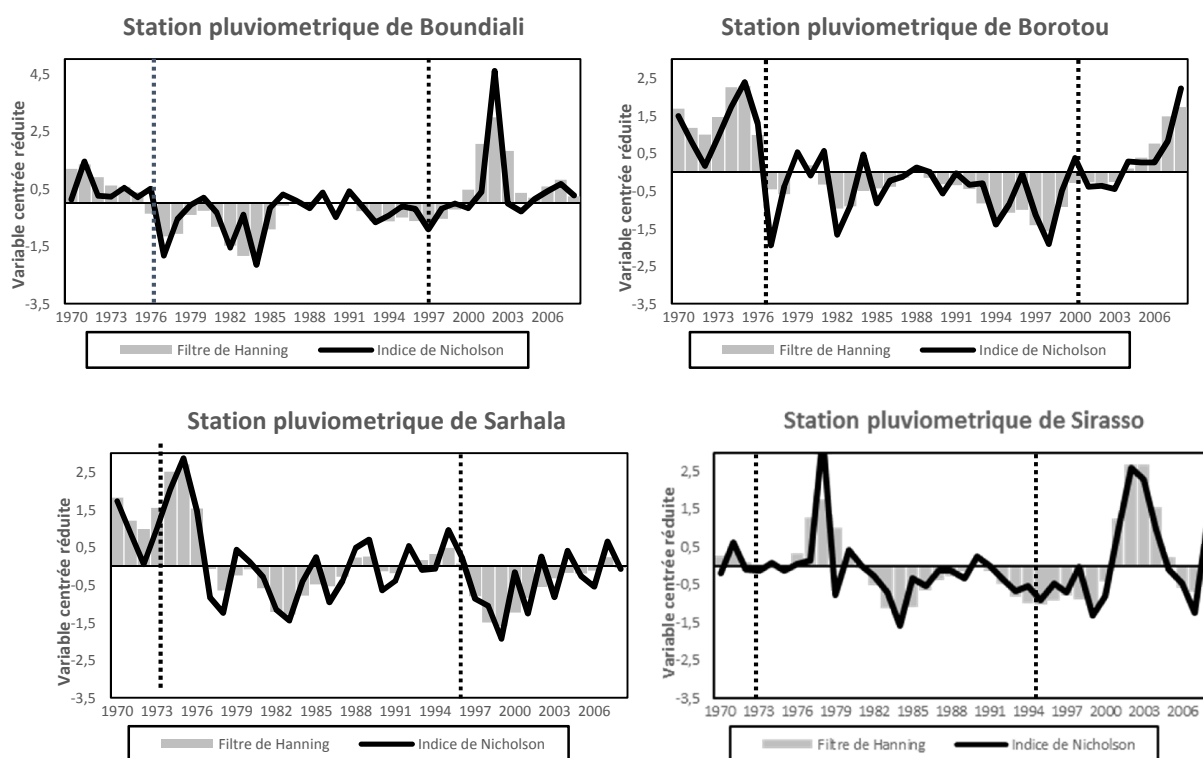


Fig. 5. Variabilité temporelle des précipitations en zone tropicale de transition

6.1.1.2 REGIME EQUATORIAL DE TRANSITION ATTENUÉE (ZONE SUD)

Le climat équatorial de transition atténué présente, à quelques différences près, les mêmes caractéristiques que le climat soudanais. De 1970 à 1980, la période est caractérisée par des indices positifs aux stations de Zuénoula, Vavoua et Bouaflé (Fig. 6). De 1981 à 2000, on observe des indices négatifs, indiquant le caractère déficitaire de cette période. Après la période déficitaire, on note une reprise de la pluviométrie au sud du bassin versant.

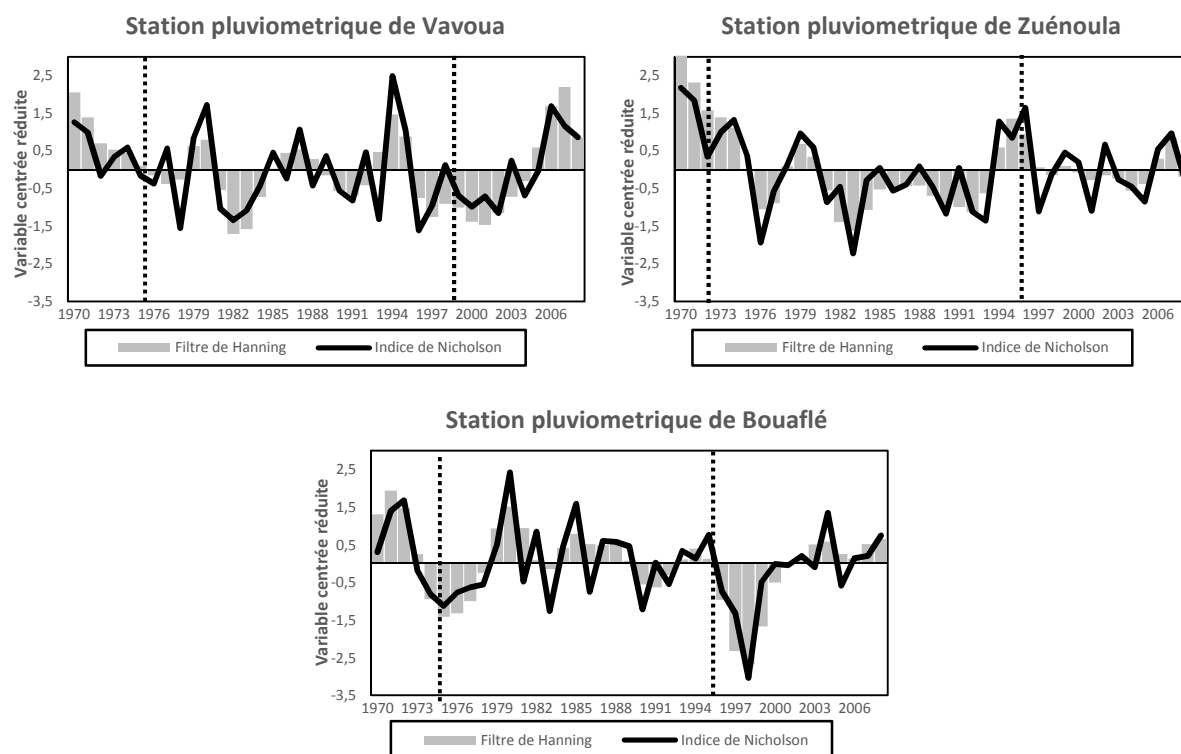


Fig. 6. Variabilité temporelle des précipitations en zone équatoriale de transition atténuée

6.1.2 RUPTURES PLUVIOMÉTRIQUES

Il apparaît que la majorité des ruptures sont concentrée sur la période 1972-1976 pour toutes les stations à l'exception de Sirasso où aucune rupture n'a été détectée (Tableau 4). L'apparition des années de rupture dans les séries pluviométriques s'est faite de façon irrégulière sur l'ensemble du bassin versant indépendamment des zones climatiques.

Tableau 4. Ruptures détectées dans les séries pluviométriques

Zone climatique	Stations	Périodes	Date de la rupture
Nord	Boundiali	1970 -2008	1976
	Sirasso	1970 -2008	pas de rupture
	Borotou	1970 -2008	1976
	Sarhala	1970 -2008	1976
Centre	Zuénoula	1970 -2008	1974
	Vavoua	1953 -2008	1974
	Bouaflé	1950 -2008	1972

6.1.3 ANALYSE SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS

6.1.3.1 VARIABILITÉ SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES

L'analyse décennale de l'évolution spatio-temporelle de l'indice pluviométrique du bassin versant de la Marahoué de la période 1970-2008 (Fig. 7). L'on constate que la décennie 1970-1979 est plus humide. À partir de la décennie 1980-1989, la sécheresse a fait son apparition sur le bassin versant, mais avec des intensités variables suivant les périodes. En effet, la pluviométrie est restée déficitaire sur la décennie suivante 1990-1999 avec toutefois une accentuation plus marquée sur la décennie 90. Enfin, l'on observe une période qui s'apparente à une période de reprise des précipitations sur la période 2000-2008. Du point de vue spatial, la sécheresse est bien marquée sur tout le bassin.

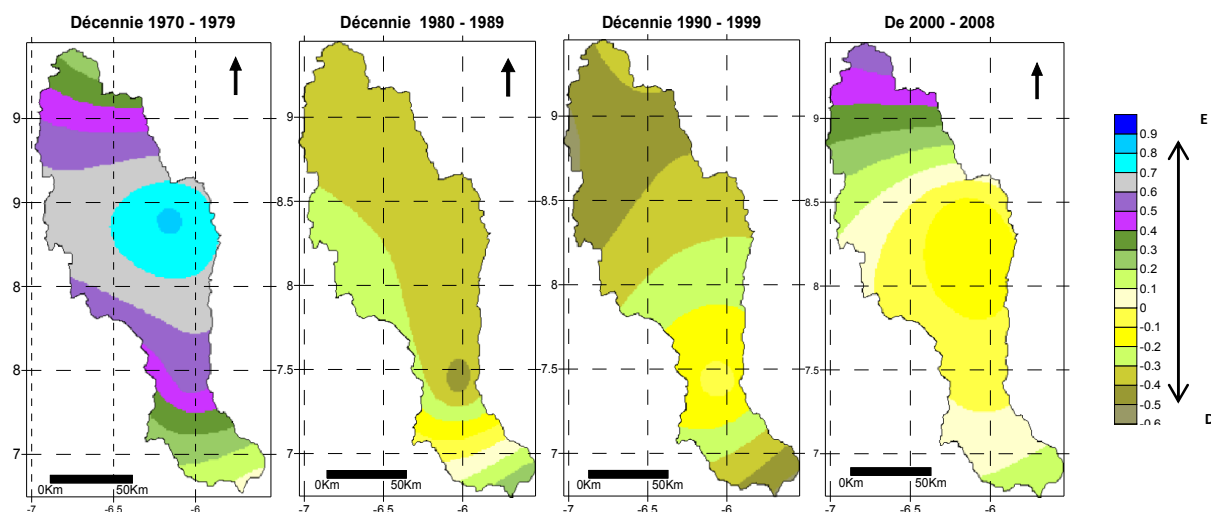


Fig. 7. Évolution spatio-temporelle par décennie des indices pluviométriques du bassin versant de la Marahoué

6.1.3.2 VARIABILITÉ SPATIALES DES DÉFICITS PLUVIOMÉTRIQUES

L'analyse spatiale de la distribution quantitative (excès ou déficit) de la pluviométrie est présentée dans la fig. 8. Ainsi, la décennie 1970-1979 a été particulièrement déficitaire en pluie. En effet, ce déficit varie de 10% à 20% sur la quasi-totalité du bassin à l'exception de la partie Nord-est où le déficit se situe entre 0 et 10%. Au cours de la décennie 1980-1989, les précipitations ont continué à baisser. Le déficit sur la majeure partie du nord bassin versant atteint les 40% puis décroît progressivement vers le sud du bassin entre 20% à 30% dans le centre et 10% à 20% au sud.

Par ailleurs, la décennie 1990-1999 est globalement déficitaire en précipitation. Le déficit remarqué sur la décennie présente s'est rependu sur la totalité du nord du bassin variant entre 30% à 40%. Elle s'est aussi accentuée dans le sud où le manque de pluie varie entre 20% à 30%. La décennie 2000-2008 a été moins déficitaire que les deux décennies précédentes. La pluviométrie est positive et varie entre 10% et 0% sur une peu petite partie dans l'extrême nord du bassin. Elle est ensuite négative sur le reste du bassin dans les proportions différentes entre 0% à 20% au nord, dans le centre 20% à 40% et 20% à 30% au sud.

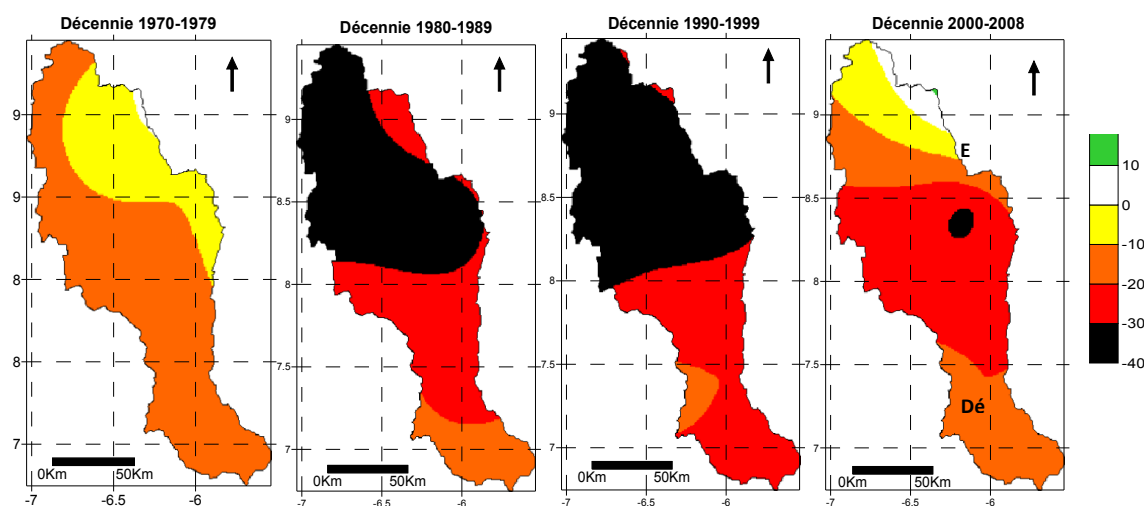


Fig. 8. Évolution décennale des déficits et excès pluviométriques sur le bassin versant de la Marahoué

7 DISCUSSION

La classification de l'occupation du sol résultant de l'analyse des images TM et ETM+ a donné une précision globale respective de 96,15% et 98,49%. L'indice de Kappa a donné des valeurs de 0,958 pour l'année 1986 et 0,981 pour 2006. On

peut conclure que les résultats de cette analyse sont statistiquement acceptables. En effet, les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50 sont considérés comme bons et exploitables [24]. De ce fait, la présente classification qui compte six classes est acceptable et permet d'évaluer la tendance de changements de l'occupation du sol dans une période 20 ans. L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol entre 1986 et 2006 montre que les sols nus /habitats et les cultures augmentent de façon significative, par opposition aux plans d'eau, zones humides, forêts denses et forêts galeries qui régressent nettement. Cette régression pourrait être liée à l'intensification de cultures pérennes telles que le cacaoyer et le caféier dans le bassin versant. Cette hypothèse paraît plausible dans la mesure, où on constate une augmentation de la classe culture avec un taux moyen annuel d'évolution de 0,84% au profit de la forêt. Le même constat a été fait par La référence [25] dans la région des lacs située à est du bassin versant de la Marahoué. Selon La référence [26], la superficie forestière actuelle est inférieure à celle qu'elle devrait être, alors que la superficie agricole actuelle est supérieure à son niveau optimal. La référence [4] indique qu'il existe un lien étroit entre modification dans la dynamique du couvert végétal et la variabilité climatique en Côte d'Ivoire.

Dans la présente étude, l'analyse fait apparaître une baisse de la pluviométrie entre 1980 et 2000 avec une accentuation dans les années 90. Cette période est la même que celle sur laquelle on a remarqué l'assèchement du bassin versant de la Marahoué (1986-2006). Cet assèchement sur le bassin versant est marqué par la régression de la classe eau qui est passée de 2783,3 Km² (13%) en 1986 à 1415,2 Km² (6,61%) en 2006. En effet, les déficits pluviométriques de 15 à 37% qu'a connus le bassin versant ont eu lieu majoritairement après 1970 et se sont soldés par d'importantes baisses pluviométriques. Ce qui a eu pour conséquence une réduction des apports d'eau sur le bassin versant entraînant ainsi un assèchement progressif des retenues d'eau. Certains auteurs ([6], [27], [28]) ont montré que la forte diminution de la pluviométrie est provoquée par la destruction massive de la couverture végétale. De ce qui précède, on peut conclure que cette dégradation du couvert végétal serait due aux phénomènes naturels (variabilité climatique) et /ou aux activités anthropiques (feux de brousse, culture sur brûlis, exploitation abusive du bois, création de nouvelles plantations, etc.) comme le souligne [29].

8 CONCLUSION

La présente étude a montré une dégradation du couvert végétal du bassin versant de la Marahoué sur la période 1986-2006. Les résultats montrent que les sols nus /habitats et les cultures augmentent de façon significative, par opposition aux plans d'eau, zones humides, forêts denses et forêts galeries qui régressent nettement. L'augmentation des sols nus/habitats et cultures montrent le rôle prépondérant des activités anthropiques dans cette dégradation. En outre, la baisse pluviométrique qu'a connu le bassin versant à partir de 1970 et qui s'est soldé par des déficits importants de l'ordre de 15 à 37 % a également concouru à cette dégradation par l'assèchement des plans d'eau et la réduction des zones humides. Par ailleurs, la reprise pluviométrique après 2000 que connaît le bassin versant pourrait être préjudiciable aux populations agricoles installées dans le lit des cours d'eau ou dans les bas-fonds asséchés.

REFERENCES

- [1] S. BIGOT, Y. T. BROU, V. BONNARDOT, E. SERVAT, "Interannual stability of rainfall patterns in the Ivory Coast over the period 1950-1996", *International Association of Hydrological Sciences*, 274, pp,507-514, 2003.
- [2] E. W VISSIN, "Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger", *Thèse de Doctorat*, Université de Bourgogne (France), 285p, 2007.
- [3] J-M. GREGOIRE, F. GIOVANI, "Suivi par télédétection des changements d'état de surface sur les bassins du Haut-Sénégal, de la Gambie et du Rio Corubal (novembre 1987- décembre 1988) ", *Télédétection et sécheresse*, ed AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 81-93, 1990.
- [4] T. BROU, "Variabilité climatique, déforestation et dynamique agro démographique en Côte d'Ivoire", *Sécheresse* vol. 21, n° 1e, 2010, 1-6 p, 2010.
- [5] C., CHATELAIN, "Possibilités d'application de l'imagerie satellitaire à haute résolution pour l'étude des transformations de la végétation en Côte d'Ivoire forestière", *Thèse de l'Université de Genève*, 245p, 1996.
- [6] Y. T BROU, E. SERVAT, J. E. PATUREL, "Activités humaines et variabilité climatique : cas du Sud forestier ivoirien", *IAHS Publication*, n° 252, pp,365-373, 1998.
- [7] S. BIGOT, T. Y. BROU, J. OSZWALD, A. DIEDHIOU, C. HOUDENOU, "Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales", *Sécheresse*, 16 (1), pp, 14 -21, 2005.
- [8] B. T. A. GOULA, V. J. KOUASSI, I. SAVANE, "Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : cas du Bandama en Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, 18 (1), pp, 1-11 ,2006.

- [9] A. O. AKA, B. KOUAME, J. E. PATUREL, E. SERVAT, H. LUBES, J. M. MASSON, "Analyse statistique de l'évolution des écoulements en Côte d'Ivoire, Mélanges à la mémoire de Jean Rodier", *International Association of Hydrological Sciences*, 238, pp, 167-177, 1996.
- [10] I. SAVANE, K. M. COULIBALY, P. GIOAN, "Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man", *Sécheresse*, 12 (4), pp, 231-237, 2001.
- [11] J. E. PATUREL, E. SERVAT, M. O. DELATTRE, "Analyse des séries de longue durée en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique", *Journal des sciences hydrologiques*, 43 (6), pp, 937-946, 1998.
- [12] Y. L'HÔTE, G. MAHE, B. SOME, J-P. TRIBOULET, "Analysis of a Sahelian annual rainfall index updated from 1896 to 2000; the drought still goes on", *Hydrol Sci J*; 47: 563-72, 2002.
- [13] G. MAHÉ, J. C. OLIVRY, "Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989", *Sécheresse*, 6 (1), pp. 109-117, 1995.
- [14] A. KANGAH, "Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes sub-soudanaises : exemple du degré carré de Katiola (centre-Nord ivoirien)", *Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire*, 186 p, 2006.
- [15] F. BONN, G. ROCHON, "Précis de Télédétection-Vol. 1: Principes et méthodes", *Presses de l'Université du Québec / AUPELF*, 485 p, 1992.
- [16] Z. A. KOUADIO, "Dynamique de l'occupation du sol et comportement hydrologique : cas des bassins versants côtiers de l'Agneby et du Boubo (côte d'ivoire)", *Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire*, 200 p, 2010.
- [17] S. E. NICHOLSON, "An overview of African's rainfall fluctuation of the last decade", *International Journal of Climatology*, 6, pp, 1463-1466, 1993.
- [18] A. A. ASSANI, "Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à lumbashi (congo-kinshassa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (el niño/ la niña)", *Sécheresse*, vol. 10, n° 4, pp. 245-252, 1999.
- [19] A. N. PETTITT, "A non-parametric approach to the change-point problem", *Appl. Statist.*, 28(2), pp, 126-135., 1979.
- [20] K. E. Kouakou, B. T. A. Goula, I. Savané, "Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide: Cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire - Burkina Faso)", *European Journal of Scientific Research*, 16 (1), pp. 31-43, 2007.
- [21] E. SERVAT, J. E. PATUREL, B. KOUAME, M. TRAVAGLIO, M. OUEDRAOGO, J. F. BOYER, H. LUBES-NIEL, J. M. FRITSCH, J. M. MASSON, B. MARIEU, "Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale", *IAHS Publication*, n°252, pp, 323-337, 1998.
- [22] H. LUBÈS-N, J. M. MASSON, J. E. PATUREL, E. SERVAT, "Variabilité climatique et statistique. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques", *Revue des Sciences de l'Eau*, 3, pp. 383-408, 1998.
- [23] J. P. LABORDE, "Éléments d'hydrologie de surface", *Support de cours*, Université de Nice Sophia-Antipolis, 191 p, 2000.
- [24] Jr. R. G. PONTIUS, "Quantification error versus location error in comparison of categorical maps", *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, vol. 66, n° 8, pp. 1011-1016, 2000.
- [25] G. SORO, E. K. AHOUSI, E. K. KOUADIO, T. D. SORO, S. OULARE, M. B. SALEY, N. SORO, J. BIEMI, "Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire)", *Afrique SCIENCE 10(3)* 146 – 160, 2014, 2014.
- [26] C. NOUFOU, "Déforestation et activités agricoles en Côte d'Ivoire : recherche d'un nouvel équilibre", *Thèse de Doctorat*, Faculté des études supérieures de l'Université Laval, 159 p, 1998.
- [27] M. OUEDRAOGO, "Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest, Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale", *Thèse de doctorat, Université de Montpellier II*, 257 p, 2001.
- [28] Y. T. BROU, "Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire, Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches", Université des Sciences et Techniques de Lille, France, 212 p, 2005.
- [29] M. KOUASSI, "Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire", *Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire*, 210 p, 2007.

Mesurer l'impact du Management des Ressources Humaines sur la Performance de l'entreprise : Cas de la société « Source Marrakech »

[Measuring the Impact of Human Resource Management on the company's performance: Case of society « Source Marrakech »]

Amal LAALOU¹ and Lamia EL GUERMAI²

¹Professeure de l'Enseignement Supérieur,
Directrice du Laboratoire de GEstion des Ressources Humaines et d'Audit Social(LAGERHAS),
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales de Mohammeda,
Université Hassan II Casablanca, Maroc

²Doctorante chercheuse au (LAGERHAS),
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales de Mohammeda,
Université Hassan II Casablanca, Maroc

Copyright © 2015 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: Beyond a diagnosis that would only reason out the shortcomings of the practice of human resource management within the company and the causes of this situation, the issue of this thesis aims to identify the various factors and elements that do not favor a true and complete implementation of a human resources management policy in a Moroccan company and their degree of implementation on the company's performance. Thus, the study focused on the impact of human resource management on a company performance.

For a better rapprochement of the theoretical research to those practices, we examined a quantitative vision of practices HR in the company to discuss later the degree of implementation of HR practices on the performance of the company. We highlighted our research with a company "Source Marrakech" specialized in the bottling of water that is based on the establishment of a HRM policy to achieve business performance.

This communication is not, moreover for its essential, that is the outcome of experience within the company (combined certainly to my theoretical research), proposes to treat the above problem by posing a plan for treating indicators of key measures of HR poles (employment, compensation, appraisal of staff, training, management of jobs and skills and the development of human resources) and their influence on the company's performance via while proposing a research model to affirm or deny.

KEYWORDS: Human Resource Management, company's performance.

RESUME: Au-delà d'un diagnostic qui aurait pour seul motif de ressortir les insuffisances de la pratique du Management des Ressources Humaines (MRH) au sein de l'entreprise et les causes de cette situation, la problématique du présent article se veut d'identifier les différentes pratiques du MRH dans l'entreprise marocaine et leur impact sur la performance de l'entreprise.

Pour un meilleur rapprochement des recherches théoriques à celles pratiques, nous nous sommes penchées sur une vision quantitative des pratiques MRH au sein de l'entreprise marocaine, du degré d'implantation des pratiques MRH et l'impact de celles-ci sur la performance de l'entreprise. Notre recherche a été menée auprès d'une société spécialisée dans l'embouteillage d'eau "Société Source Marrakech" qui à travers la mise en place d'un MRH a cherché à accroître ses performances.

Le présent article n'étant, d'ailleurs pour son essentiel, que le fruit d'une expérience au sein de l'entreprise (combiné certes à des recherches théoriques), se propose de traiter la problématique susmentionnée en faisant appel à des indicateurs d'évaluation des principales pratiques RH (l'emploi, l'appréciation du personnel, la formation continue, la gestion des emplois et des compétences et le développement des ressources humaines) et l'influence de celle-ci sur la performance financière, économique et sociale de l'entreprise.

MOTS-CLEFS: Management des ressources humaines, Performance de l'entreprise.

1 INTRODUCTION

Une récente étude du cabinet Euler-Hermes¹ alerte sur la hausse du nombre d'entreprises défaillantes au Maroc en 2013 (Plus de 1990 entreprises ont déclaré faillite au premier semestre 2013). Cette accélération du nombre de défaillances constatées est aujourd'hui d'autant plus inquiétante que la tendance risque, selon les projections de l'étude, de se poursuivre les années à venir.

Pour détecter les causes de ces défaillances, les managers ne se contentent plus de mettre en place des audits comptables et financiers. Ils se sont vus devoir évaluer par ailleurs la richesse immatérielle de l'entreprise : le Capital Humain. Ce dernier est considéré comme étant un levier de compétitivité par excellence.

L'impact des pratiques du MRH sur la performance de l'entreprise est certes très grand. Pour une meilleure mise en évidence de celui-ci, nous avons opté pour une étude de cas : le cas de la société "Source Marrakech"* et avons retenu quelques indicateurs pour mesurer les performances de l'entreprise, objet de notre étude. Les indicateurs ont été combinés à l'évaluation des pratiques du MRH de "Source Marrakech" pour en proposer un modèle d'analyse critique.

Il va sans dire que les résultats de notre recherche, publiés ci-dessous, sont le fruit de plusieurs recherches bibliographiques combinées à celle empiriques.

* : n'ayant pas été autorisées à publier le nom réel de l'entreprise objet de notre étude, nous avons désigné celle-ci par un nom fictif à savoir "Source Marrakech".

2 LES PRATIQUES DU MRH ET LA PERFORMANCE DE L'ENTREPRISE : QUELLE EN EST LA RELATION ?

La relation entre les pratiques du MRH et la performance de l'entreprise a intéressé les chercheurs depuis les trois dernières décennies.

En 1959, Penrose propose dans ses écrits la combinaison des ressources et services susceptibles de créer de la valeur, donc de la performance. Il suppose que « la fonction du manager ou de l'entrepreneur est de catalyser et combiner ces ressources pour les convertir en capacités, afin d'innover et de créer de la valeur économique² ».

Wernerfelt (1984) soutient quant à lui que « les entreprises n'ont pas eu d'autres choix que de se tourner vers les variables sur lesquelles elles peuvent exercer un contrôle comme les capitaux financiers, le matériel (équipements, matières premières et technologies) et les individus. L'intérêt grandissant pour ces variables internes a contribué au développement de la théorie des ressources³ ». Il définit les ressources de l'entreprise ; présents en permanence ; comme déterminants de ses forces et faiblesses. « Cela concerne les marques, la maîtrise d'une technologie, les compétences et talents des employés, les accords commerciaux, les équipements, le capital, etc. le diagnostic de la performance qui en découle est une analyse de positionnement classique, exprimée sous forme de forces/faiblesse et de position de force de telle ou telle entité de l'organisation⁴ ».

¹ Revue : Les inspirations ECO.PME de novembre 2013

² Marion, A. Asquin, A.-Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 15

³ Wernerfelt, B. (1984), « A Resource-Based View of the Firm », Strategic Management Journal, vol. 5, Page 173

⁴ Marion, A. Asquin, A.-Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 15

Par la suite, en 1985) Guzzo, et al confirment une relation forte entre « d'une part, la présence des pratiques de formation et d'évaluation du rendement et, d'autre part, une augmentation de la productivité⁵ ».

Barney (1991) appuie les propos de Wesnerfelt (1984). Il confirme que les ressources de l'entreprise produisent des actifs qui permettent à l'organisation de se valoriser sur le marché : « La performance est directement dépendante de l'aptitude de l'entreprise à mobiliser des ressources pour transformer à son avantage les conditions de l'environnement »⁶. Il développe dans ses recherches l'approche basée sur les ressources de l'entreprise qui préconise pour un avantage concurrentiel ses ressources doit générer de la valeur, caractérisée par la rareté, difficilement imitable et non substituable. Présentée pour l'acronyme « **VRIN** »⁷ :

- **V** : comme valeur. Une ressource a de la valeur si elle permet à l'entreprise de saisir une opportunité dans son environnement ou de résister à des menaces extérieures ;
- **R** : comme rares. Ces ressources se doivent d'être rares, c'est-à-dire possédées par peu d'entreprises, ce qui leur permet de développer un avantage sur leurs concurrents ;
- **I** : imparfaitement imitable. La difficulté à imiter une ressource résidera essentiellement dans son caractère tacite, implicite, dans sa complexité à être transformée en action génératrice de valeur ;
- **N** : comme non substituable. Des ressources peuvent générer de la valeur, être rares ; elles peuvent être uniques, mais elles peuvent rencontrer sur le marché une autre ressource de nature radicalement différente qui se substitue à elles.

Barney définit les ressources comme « tous les actifs, capacités, processus organisationnels, attributs de la firme, informations, savoirs, etc. contrôlés par une firme qui lui permet de concevoir et de mettre en œuvre des stratégies qui améliorent son bon fonctionnement et son efficacité »⁸.

Aussi, des études similaires ont également été engagées dans les entreprises. ARTHUR (1994) examine « l'influence des systèmes RH sur le taux de rebut par tonnes d'acier brut fondu »⁹. LIOUVILLE et BAYAD (1995) ; sur une étude de 271 PME manufacturières française et soutiennent que « les entreprises développant une conception proactive de leur GRH et souhaitant valoriser leur personnel peuvent s'attendre avec de fortes probabilités à la réalisation de hautes performances organisationnelles. A contrario, les entreprises qui ne misent pas sur leur dimension sociale pourraient davantage connaître des dysfonctionnements sociaux pouvant entraver leur réussite économique »¹⁰. Ils ont cherché un lien de causalité spécifique à la performance et déduit que « la performance économique (rentabilité, croissance des ventes) serait conditionnée par la performance organisationnelle (productivité, qualité, capacité d'innovation), elle-même conditionnée par la performance sociale (rotation du personnel, absentéisme et satisfaction du personnel »¹¹.

Dans ses travaux sur les pratiques hautement performantes, HUSELID (1995) constate un impact positif sur la performance financière et économique. Il inclut « les procédures spécifiques de sélection et recrutement, les systèmes de rémunération incitatifs, les programmes de formation et les pratiques d'implication du personnel »¹², et conclut un impact significativement négatif de ces pratiques sur le turnover et positif sur la productivité et la performance financière.

Quant à Snell et al en 1996. Ils concentrent leurs recherches sur les savoirs d'une organisation et leur avantage sur les rivaux : « La nature des facteurs procurant un avantage concurrentiel aux entreprises et ont accentué l'importance de bien

⁵ Guzzo, R.A., Jette. R.D. et Katzell R.A., (1985). « The Effects of Psychologically Based Intervention Programs on Worker Productivity: a Meta-Analysis ». *Personnel Psychology*, vol. 38. Page 275-291

⁶ Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 6

⁷ Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 25

⁸ Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 25

⁹ Arthur J.B. (1994). « Effets of human resource systems on manufacturing performance and turnover ». *Academy of Management Journal*, vol. 37, n° 3, Page 670-687

¹⁰ Arthur J.B. (1994). « Effets of human resource systems on manufacturing performance and turnover ». *Academy of Management Journal*, vol. 37, n° 3, Page 670-687

¹¹ Liouville N. et Bayad M. (1995). « Stratégies de gestion des ressources humaines et performances dans les PME : résultats d'une recherche exploratoire ». *Gestion 2000*, Page 159-179

¹² Ndao, A. (2012) « Effets des pratiques de GRH sur la performance économique et financière des entreprises sénégalaises : par quels mécanismes ? ». *Laboratoire GRH - FASEG/UCAD & Laboratoire ORHA/UPV. Montpellier 3*. Page 3

gérer les savoirs détenus par une entreprise »¹³. Delaney et Huselid (1996), Schuler et Jackson (1998) maintiennent les mêmes propos : « les entreprises n'ont d'autres choix que de réviser leurs façons de faire dans les activités traditionnelles de gestion de ressources humaines telles la planification de la main-d'œuvre, la dotation ou encore la gestion des carrières, mais surtout d'innover en développant des pratiques de gestion des ressources humaines efficaces qui auront pour résultats d'attirer et de conserver dans l'entreprise une main-d'œuvre compétente »¹⁴. Ils privilégient la motivation et la satisfaction du personnel ayant un impact positif sur la productivité : « la motivation et la satisfaction des travailleurs sont des facteurs pouvant influencer leur comportement et par conséquent, avoir un impact sur la productivité et la rentabilité des entreprises » (Huselid, Jackson et Schuler 1997¹⁵, Schuster et al. 1997)¹⁶.

En collaboration avec Wright (1998), Barney énonce que : « le facteur de support organisationnel »¹⁷ est aussi important que les ressources présentant un avantage concurrentiel. L'entreprise doit avoir la capacité d'organiser ses ressources (matérielles, humaines) ; d'où ses compétences ; pour être compétitive sur le marché.

En outre, PFEFFER (1998) enregistre que les entreprises qui pérennisent sur le marché seraient caractérisées par « des systèmes d'organisation du travail flexibles, par des pratiques de rémunération basées sur la performance, par la participation des employés aux prises de décisions, par des politiques de formation, promotion et développement de carrière particulièrement développée... »¹⁸. Aussi, HILTROP (1999) soutient dans la même perspective que : « les formations, le travail en équipe, la décentralisation de la prise de décision..., figurent parmi les pratiques de GRH les plus efficaces »¹⁹.

Drucker (1999) soutient même que le plus grand défi des pays industrialisés ne consistera plus à améliorer la productivité du travail manuel, mais plutôt à augmenter la productivité des travailleurs du savoir « knowledge workers »²⁰ et qu'il faudra aussi être en mesure d'attirer et de conserver au sein de l'entreprise. Dans la même année, Bryson sur une étude sur 564 entreprises Britanniques, soutient qu'il existe des effets de certaines pratiques RH qui interagissent différemment sur la performance financière de l'entreprise « Les résultats indiquent que seules les pratiques de recours systématique à la chaîne hiérarchique et de recours à des pratiques de communication directe sont associées significativement à une meilleure performance financière »²¹.

Par ailleurs, L'étude réalisée par Lacoursière en 2001 sur 233 manufacturières semble nous apporter plus de détails grâce à son analyse de régression. Les résultats montrent que « la diffusion d'informations apparaît liée au taux de roulement du personnel et au taux de rendement de l'actif ; la formation, à la productivité ; le recrutement et l'évaluation du rendement, à la croissance des ventes »²². FABI et al. (2004) soulignent que les entreprises les plus performantes sont reconnues souvent par : « les pratiques de diffusion d'informations stratégiques ou économiques, de participation aux profits, et dans une moindre mesure, le recours accru aux descriptions de tâches et la participation aux décisions »²³.

¹³ Snell, S.A., Youndt, M.A. et Wright, P.M. (1996). « Establishing a Framework for Research in Strategic Human Resource Management: Merging Resource Theory and Organizational Learning ». *Research in Personnel and Human Resources Management*, vol. 14, Page 61-90

¹⁴ Chrétien L, Arcand G, Tellier G, Arcand M. (2005). « Impacts des pratiques de GRH sur la performance organisationnelle des entreprises de gestion de projets ». *Revue internationale sur le travail et la société*. vol. 3. n° 1. Page 108

¹⁵ Huselid, M.A. Jackson S.E. et Schuler R.S. (1997). « Technical and Strategic Human Resource Management Effectiveness as Determinants of Firm Performance ». *Academy of Management Journal*, vol. 40, no 1, Page 171-188.

¹⁶ Schuster, F.E., Morden, D.L. Baker, T. Mc Dunning, K. et Hagan, C. (1997). « Management Practice, Organization Climate and Performance: An Exploratory Study ». *The Journal of Applied Behavioral Science*, vol. 33, no 2, Page 209-226.

¹⁷ Barney, J. et Wright, P.M. (1998). « On Becoming a Strategic Partner: The Role of Human Resources in Gaining Competitive Advantage ». *Human Resource Management*, vol. 37, no 1, Page 31-46.

¹⁸ Pfeffer J. (1998). « Seven Practices of successful organizations ». *California Management Review*, 40 no 2, Page 96-124

¹⁹ HILTROP J. M. (1999). « The Quest for the Best: Human Resource Practices to Attract and Retain Talent ». *European Management Journal*, 17(4), Page 422-430

²⁰ Drucker, P.F. (1999). « Knowledge Worker Productivity: The Biggest Challenge ». *California Management Review*, vol. 41, no 2, Page 79-94

²¹ Bryson, A. (1999). « The Impact of Employee Involvement on Small Firms Financial Performance ». *National Institute Economic Review*, July, Page 78-95.

²² Lacoursière, R. (2001). « Impacts de certaines pratiques stratégiques de gestion des ressources humaines sur la performance organisationnelle et financière de PME » *Mémoire de maîtrise*. Université du Québec à Trois-Rivières. Page 5-9

²³ Fabi B., Raymond L., Lacoursière R., Arcand M. (2004). « Les PME les plus performantes se distinguent-elles par leurs pratiques de GRH ? ». *7e congrès international francophone en entrepreneuriat et PME, Montpellier (du 27 au 29 octobre)*, Page 1-16

Quant à Alain MARION et al (2012); dans leur ouvrage diagnostique de la performance de l'entreprise ; la performance est conditionnée. Elle dépend de « la capacité des membres de l'entreprise, et en particulier du dirigeant, à identifier des ressources internes et à les combiner dans le cadre d'un « plan » de telle sorte qu'elles produisent des services permettant la saisie d'opportunité dans l'environnement.»²⁴

Ils évaluent la performance à travers « la capacité de cette entreprise à atteindre les buts qu'elle s'est assignés, et ceci, en fonction des ressources dont elle dispose, et des compétences qu'elle a acquises»²⁵.

On retient dans ce sens la citation de Melanie CHARBONNEAU (2012) : « Le succès des entreprises dépend largement de la nature de la gestion des ressources humaines ». Cette équation suppose qu'une entreprise hautement distinguée ne sera performante que lorsque l'entreprise saura renforcer tous les paramètres de son efficacité.

En 2014, J. M PERETTI stipule que la fonction des ressources humaines doit répondre à deux enjeux de performance²⁶ :

- Augmenter la productivité de ses activités de gestion (paie, gestion de temps...)
- Réaliser des actions à valeur ajoutée pour ses différents clients (directions, managers, salariés...).

A l'appui de ces différentes études sus-exposées, nous avons lancé notre étude de cas : Société "Ain Marrakech" pour confronter la théorie à la pratiques.

Avant de présenter l'entreprise, objet de notre étude de cas, il est nécessaire de présenter les enjeux du secteur dans lequel opère "Source Marrakech": le secteur de l'eau embouteillée au Maroc.

3 APERÇU DU SECTEUR DE L'EAU EMBOUTEILLÉE AU MAROC

L'eau embouteillée a été perçue pendant longtemps comme un produit de luxe ou à usage médical et additionnée à des occasions précises. Le secteur a connu une évolution considérable ces 10 dernières années avec une augmentation de 31 % de son volume en millions de litres, représentés en 140 en 2005 à 450 millions de litres embouteillés sur le marché en 2014. Cette mesure génère aujourd'hui 1.8 milliard de DH de CA regroupant 3 opérateurs marocains. Cette concurrence met à disposition 13 marques commerciales sur le marché national.

Un climat chaud et humide (300 jours d'ensoleillement par an), un pouvoir d'achat plus important, une quête d'une consommation saine et équilibrée, le manque de confiance dans l'eau du robinet... sont toutes autant de raisons qui incitent le marocain à consommer plus d'eau. Le potentiel du marché est tellement important que les entreprises se livrent à une bataille sans merci. Selon les chiffres diffusés par Nielsen en 2012, le marché reste dominé par les eaux plates avec deux entités qui détiennent 90 % des parts de marché (les eaux minérales d'Oulmes représentent 70 % et Sotherma capte 20 % des parts de ce business).

Le marché enregistre une évolution de presque 5 litres par habitant par an, soit une consommation moyenne de 24 litres par habitant en 2014 contre 11 litres par habitant par an en 2010. Toutefois, la consommation demeure faible en se comparant à la Tunisie avec 102 litres d'eau consommée par habitant en 2013 qui représentant 10 % de la population marocaine et la France avec 47 litres par habitant avec plus de 60 millions d'habitants dans la même année. Ce retard du marché de l'eau s'explique par un coût d'emballage très élevé, un coût de transport qui rejoint 20 centimes par litre et une surfiscalité de 12.5 % du prix d'une bouteille d'eau. S'ajoute à ceci les autres impôts communs aux entreprises à savoir l'IS, l'IR... La bonne foi des entrepreneurs marocains ne suffit pas, l'eau en bouteille reste chère pour la population.

Après avoir présenté quelques chiffres clés sur le secteur de l'eau embouteillée, ses opportunités, ses difficultés au Maroc, nous nous proposons, dans un deuxième temps, de présenter la structure de l'entreprise objet d'étude dans un deuxième temps sous un nom fictif pour respecter la confidentialité et la particularité de l'entreprise

²⁴ Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 24

²⁵ Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod. Page 12

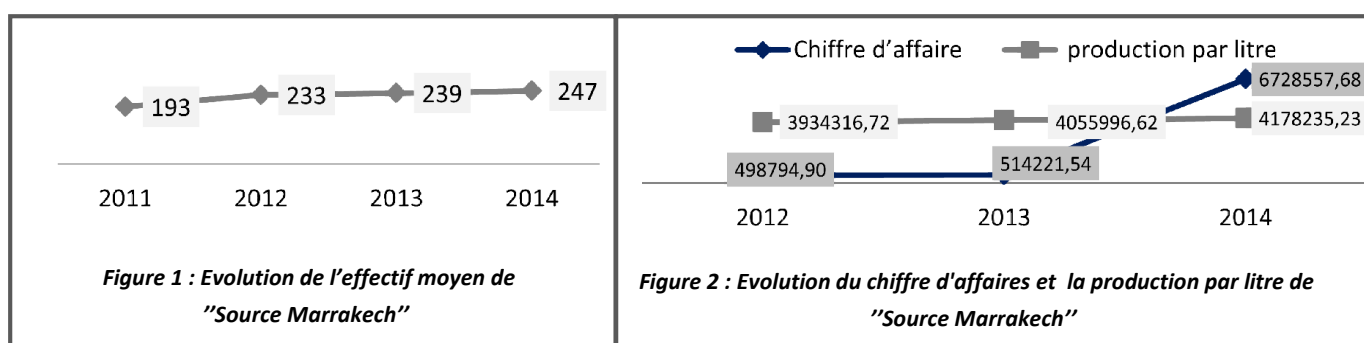
²⁶ Perreti, J.M. (2013). Ressources humaines. 14^e édition, Vuibert. Page 70

4 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE "SOURCE MARRAKECH"

L'entreprise "Source Marrakech" est présente sur le marché marocain depuis plus de 5ans. Spécialisée dans l'embouteillage et le conditionnement de l'eau, elle a pour mission le captage, l'exploitation, l'importation, l'exportation, l'industrie et le commerce sous toutes ses formes des toutes eaux minérales et de toutes eaux dites « eaux de source ». Elle se concurrence avec une dizaine de marques avec 42 millions de litres vendus en 2014. La société revendique 10 % des parts du marché des eaux plates, soit un chiffre d'affaires de 67MDH. En 2010, une enveloppe d'investissement de 15 MDH a été déboursée pour la création de trois lignes d'embouteillage.

Présente sur 11 régions du Maroc, la distribution se fait à l'échelle nationale dans l'ensemble des circuits modernes (GMS : Grandes et Moyennes Surfaces), traditionnel et CHR (Café, Hôtel, Restaurant) à travers des agences commerciales implantées dans chacune des principales villes du Royaume.

Il est à préciser de "Source Marrakech" a été certifiée ISO 9001 V 2008 –ISO 14001 - ISO 22000 en 2012. Son effectif moyen est de 247 collaborateurs en 2014 et est en croissance permanente : soit 17 % en année 2012 et de 3 % en 2013 et de 3 % 2014 dans l'entreprise "Source Marrakech" :



Depuis la création de "Source Marrakech" en 2005, la fonction RH se limitait à l'administration du personnel (délivrance d'attestations, gestions de pointages et administration de la paie...). En 2011, L'entreprise a connu une restructuration globale (Commerciale, Production, Ressources Humaines, Achat...). Cette restructuration semble avoir des effets positifs sur les ventes de l'entreprise, c'est ainsi que le chiffre d'affaires a enregistré une hausse de 5 % en 2012, voir de 10 % en 2013.

5 CHOIX MÉTHODOLOGIQUES

Cette partie présente les principales formes méthodologiques que nous avons entreprises dans le cadre de notre étude de cas. L'objectif de la présente prospection est de chercher le lien causal des pratiques du MRH et la performance de l'entreprise dans le contexte de l'entreprise "Source Marrakech".

Sous l'hypothèse que « **Plus une entreprise est impliquée dans les ressources humaines plus elle est performante** », l'étude en question nous oriente à trouver des réponses à la question suivante : Comment calculer l'impact des pratiques MRH sur une performance ?

Notre étude est d'ordre épistémologie positiviste. Elle consiste en une interrogation objective des faits, qui se traduit par une mise à l'épreuve empirique des hypothèses théoriques préalablement formulées.

Pour mener à bien notre recherche, la Direction des Ressources Humaines de "Source Marrakech" a non seulement mis à notre disposition plusieurs outils (Tableau de bord, entretiens individuels, les ressources quantitatives, le positionnement de l'entreprise sur le marché, la stratégie de l'entreprise, résultats enquête, revue de direction, bilan...). Elle nous a, par ailleurs, facilité les différents entretiens menés auprès du personnel de l'entreprise (Directeurs, cadres, responsables, opérateurs, etc.).

Ainsi, la recherche en question nous a permis d'identifier les pratiques RH qui ont une incidence considérable sur la performance en contexte de l'entreprise, d'étendre le développement des pratiques RH reconnues assez souvent comme pratiques les plus courantes en gestion d'entreprise et qui favorisent l'expertise de la fonction support dans le domaine de management de l'entreprise.

5.1 PRESENTATION DU MODELE RETENU DANS LA RECHERCHE

Les fondements du modèle configurationnel et des écrits susmentionnés confirment la présence d'une relation positive entre les pratiques RH et la performance dans une entreprise. Il valorise l'ensemble des pratiques au lieu des pratiques MRH individuelles. « Les pratiques de GRH auraient un effet synergique entre elles. Cet effet de synergie entre les pratiques, ajoutées à leur interaction avec la stratégie, conduirait à une meilleure performance de l'entreprise²⁷ ». Ainsi, notre recherche ne discute guère la causalité de lien entre les pratiques MRH et la performance de l'entreprise et étudie l'impact des pratiques MRH et leur impact sur les résultats de l'entreprise "Source Marrakech" selon le modèle suivant :

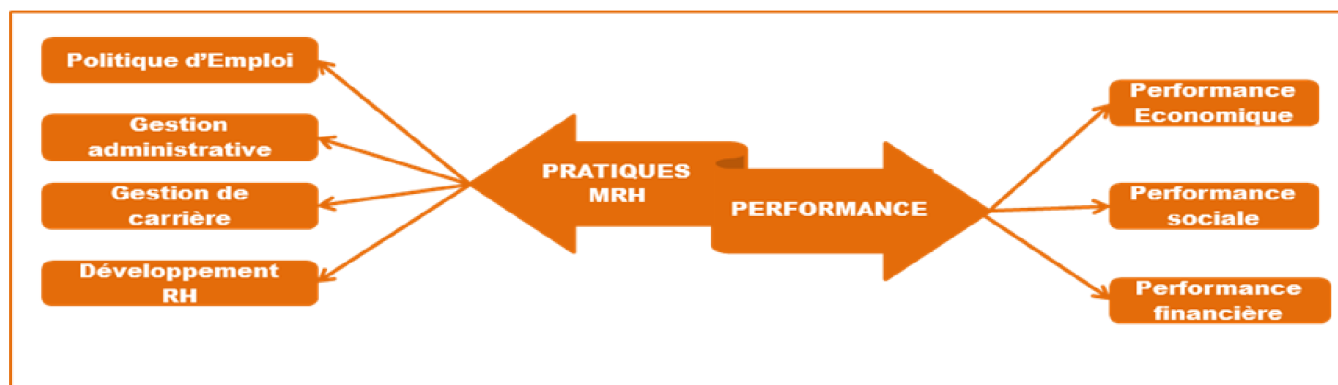


Figure 3 : modèle de corrélation retenu dans la recherche

Le choix volontaire des pratiques MRH peut se justifier par une accessibilité à l'information dans les bases de données de l'entreprise "Source Marrakech" et de ses orientations quant à la mise en place d'une politique MRH en 2011.

Aux fins de cette recherche, nous retiendrons un total de 4 pratiques du MRH appliquées dans l'entreprise "Source Marrakech" et pouvant être considérées comme stratégiques. Ces dernières sont divisées en 11 sections avec 24 indicateurs de mesures choisis exhaustivement et utilisés par l'entreprise :

²⁷ HOUNKOU, E. 2006. « Les pratiques de gestion des ressources humaines des entreprises béninoises les plus performantes sont-elles plus ou moins congruentes au contexte culturel béninois ? » XVII congrès de l'AGRH – le travail au cœur de la GRH IAE de Lille et REIMS management schol, 16 et 17 novembre 2006, REIMS . P20

Tableau 1 : indicateur de mesure des pratiques MRH

Domaine RH	Activité	Indicateurs	Calcul
Politique Emploi	Recrutement/ intégration/ Essai	Nombre de cadres	Effectif-cadre
		Taux d'embauche	Nombre d'embauches
		Recrutements confirmés	Nombre d'embauches CDI/effectif permanent
	Démission/ Mobilité	Démission	Nombre de démissions
		Mobilité	Nombre de mobilité en interne
Gestion administrative	Définition fonction	Fiche de poste	Nombre de fiches de poste existante
	Maladie/ AT	Médecine de travail	Nombre de visites médicales de l'année/l'effectif total permanent
		Accident travail	Nombre AT
		Accident de trajet	Nombre Accident de Trajet
	Gestion de conflit	Nombre de licenciements	Nombre de licenciements
Gestion de carrière	Dialogue social	Respect du SMIG	Moyenne des 5 des salaires les plus faibles/ minimum des salaires national
	Formation Continue	% de réalisation formation	Dépense formation
		% du personnel formé	Nombre total du personnel formé
		Cout moyen des participants en DH	Coût formation/Effectifs formés
		Heures de formation payées par personne	Totale heure de formation/ effectif formé
	Évaluation du Personnel	Taux d'évaluation personnel	Total de personnel évalué
		Promotion interne	Nombre de personnel promu en interne
	Motivation	Heure supplémentaire	Rotation heure sup / heure normale
		Taux de maintien du personnel	Total départ (moins de 24mois)
	GPEC	Gestion compétence	Nombre de personnel ayant élargi ses compétences sur son poste
		Pyramide d'âge	L'âge moyen
		Effort formation	Coût formation/Masse salariale
Développement RH	Communication	Taux de réalisation des actions de communication RH	Nombre d'actions de communication RH réalisée/ nombre d'actions programmées
		Taux de réalisation du budget de communication RH	Cout de dépenses des réalisations en communications RH/ budget alloué à la communication

L'approche universaliste se veut qu'à chaque fois on pratique le MRH, l'entreprise est influencée positivement ce qui est traduit dans ses performances. Notre quête en performance dans l'entreprise se limite aux travaux de Liouville et Bayad (1995)²⁸.

La performance de l'entreprise "Source Marrakech" se propose d'étudier 11 indicateurs de performance. Selon le modèle entrepris, la performance financière de l'entreprise se traduit par les états financiers de l'année en cours, la performance économique et présentée à travers les variables de productivité, vente et charge de personnel et la performance sociale proposant des indicateurs d'efficacité des pratiques entreprises par la direction des ressources humaines "Source Marrakech". Le tableau ci-dessous regroupe les indicateurs de performance proposés :

²⁸ Charbonneau, M. (2010), « Système de pratiques hautement performantes en gestion des ressources humaines : une étude dans les PME québécoises ». Université du Québec. Montréal, Page 18.

Tableau 2 : indicateur de performance en entreprise

Domaine RH	Activité	Indicateurs	Calcul
Performance de l'entreprise	Performance Financière	Évolution CA	Chiffre d'affaires
			MASSE SALARIALE
			Masse salariale/Chiffre d'affaires
	Performance Economique	Résultat Net	Valeur ajouté/ Charges de personnel
		évolution charge du personnel	Charge de personnel/ CA
		Productivité	Production par litre
	Performance Sociale	TURNOVER	Nombre des recrutés/ nombre des départs
		Taux de démission	Totale démission/ effectif moyen
		Taux de gravité des accidents de travail	Nombre de jours perdus en AT*1000/ nombre d'heure travaillée
		Nombre des formations efficaces	Nombre de formation efficace
		l'absentéisme	Nombre de jours perdus en absentéisme/ (effectif total*200)
		Communication stratégie de l'entreprise	Nombre de réunion maintenue pour communiquer la stratégie de l'entreprise dans l'année
		Taux de personnel ayant élargi ses compétences dans un poste	Nombre de personnels ayant élargi ses compétences dans un poste

Quant aux résultats de l'étude, nous nous basons sur le logiciel SAS Pour faire une analyse en composante principale (ACP).

5.2 BREF APERÇU SUR LA METHODE ACP

La méthode ACP consiste à « construire des combinaisons linéaires des caractères initiaux appelées composantes principales de façon à réduire l'espace des variables et de ce fait mieux exploiter l'information. Grâce au mapping final dans un espace à deux dimensions et à l'interprétation de chaque axe, il est possible d'analyser de façon plus aisée l'information complexe apportée par les données »²⁹. C'est la matrice des corrélations qui va permettre de réaliser ce résumé pertinent, parce qu'on analyse essentiellement la dispersion des données considérées. De cette matrice, on va extraire, par un procédé mathématique adéquat, les facteurs que l'on recherche, en petit nombre qui vont permettre de réaliser les graphiques désirés dans cet espace de petite dimension (le nombre de facteurs retenus), en déformant le moins possible la configuration globale des variables selon l'ensemble des variables initiales (ainsi remplacées par les facteurs).

Il est à noter que la faisabilité du modèle proposé à l'entreprise "Source Marrakech" reste à prouver et peut exiger des modifications après l'échéance du rapport. Ainsi, nous enchaînons notre recherche par la présentation des résultats escomptés.

6 RÉSULTATS

Nous sommes parties de l'évaluation de deux axes: l'évaluation des «Pratiques du MRH » à partir de 24 indicateurs et l'évaluation de la «Performance de l'entreprise», à partir de 11 indicateurs de performance financière, économique et sociale. L'examen des probabilités associées à chaque coefficient de corrélation permet de conclure l'existence ou non de relations significatives entre les deux groupes.

Nous présentons les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus à l'issue de cette recherche avant de procéder à une discussion.

²⁹ http://mon.univ-montp2.fr/claroline/backends/download.php?url=L3RwNC5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IAE_AD

6.1 CORRELATIONS ENTRE LES VARIABLES EN COMPOSANTES PRINCIPALES ET LES VARIABLES DE DEPART

La relation entre deux variables se traduit par une corrélation, elle nous permet de comprendre si la relation est positive ou négative et aussi de détecter la force de celle-ci. Soit deux caractères quantitatifs X (ex : Accident de travail) et Y (Médecine de travail), décrivant le même ensemble d'unités. On dit qu'il existe une relation entre X et Y , si l'attribution des modalités de X et d' Y ne se fait pas au hasard, c'est-à-dire si les valeurs de X dépendent des valeurs de Y ou si les valeurs de Y dépendent des valeurs de X .

La corrélation statistique est mesurée par ce qu'on appelle le coefficient de corrélation (r). Sa valeur numérique varie de $1,0$ à $-1,0$. Cela nous donne une indication de la force de la relation.

En général, $r > 0$ indique une relation positive, $r < 0$ indique une relation négative tandis que $r = 0$ indique l'absence de relation (ou que les variables sont indépendantes et non liées). Ici, $r = +1,0$ décrit une corrélation positive parfaite et $r = -1,0$ décrit une corrélation négative parfaite.

Si les coefficients sont plus proches de $+1,0$ et $-1,0$, plus grande est la force de la relation entre les variables.

En règle générale, les lignes directrices suivantes sur la force de la relation sont souvent utiles (bien que de nombreux experts soient plutôt en désaccord sur le choix des limites).

Le tableau suivant, permet d'ores et déjà de repérer les variables les plus corrélées entre elles. Il représente un extrait de la matrice de corrélation et fournit également des informations sur les variables «Si deux variables sont bien représentées sur un plan principal, ces variables seront d'autant plus rapprochées sur le graphique que leur coefficient de corrélation est grand »³⁰.

³⁰ http://mon.univ-montp2.fr/claroline/backends/download.php?url=L3RwNC5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IAE_AD

Pole RH	Domaine RH	Indicateur	Performance financière				Performance économique		Performance sociale						
			Chiffre d'Affaires	Masse salariale	Masse salariale/Chiffre d'affaire	Résultat Net	évolution charge du personnel	Productivité en litre	TURNOVER	Taux de démission	Taux de gravité des accidents de travail	Nombre des formations efficaces	l'absentéisme	Communication stratégie de l'entreprise	Taux de personnel ayant élargi ses compétences dans un poste
Politique Emploi	Recrutement/ intégration/ Essai	Nombre de cadres	0,975	0,971	-0,989	0,989	-0,989	0,785	-0,998	-0,704	-0,620	0,843	0,565	0,370	0,930
		Taux d'embauche	-0,848	-0,857	0,803	-0,803	0,803	-0,993	0,657	1,000	-0,115	-0,216	-0,983	-0,918	-0,400
		Recrutements confirmés	-0,852	-0,861	0,807	-0,807	0,807	-0,994	0,663	1,000	-0,108	-0,224	-0,981	-0,915	-0,406
	Démission/ Mobilité	Démission	-0,848	-0,857	0,803	-0,803	0,803	-0,993	0,657	1,000	-0,115	-0,217	-0,983	-0,918	-0,400
		Mobilité	0,916	0,908	-0,945	0,945	-0,945	0,656	-0,993	-0,558	-0,756	0,929	0,401	0,189	0,983
Gestion administrative	Définition de Fonction	Fiche de fonction	0,987	0,990	-0,971	0,971	-0,971	0,961	-0,897	-0,920	-0,277	0,577	0,835	0,693	0,723
	Maladie/ AT	Médecine de travail	-0,429	-0,413	0,500	-0,500	0,500	-0,001	0,673	-0,121	1,000	-0,945	0,297	0,500	-0,865
		Accident travail	-0,429	-0,413	0,500	-0,500	0,500	-0,001	0,673	-0,121	1,000	-0,945	0,297	0,500	-0,865
		Accident de trajet	0,997	0,995	-1,000	1,000	-1,000	0,867	-0,977	-0,799	-0,500	0,756	0,679	0,500	0,867
	Gestion de conflit	Nombre de licenciement	0,568	0,582	-0,500	0,500	-0,500	0,865	-0,304	-0,920	0,500	-0,189	0,975	1,000	0,003
	Dialogue social	Respect du SMIG	0,997	0,995	-1,000	1,000	-1,000	0,867	-0,977	-0,799	-0,500	0,756	0,679	0,500	0,867
Gestion de carrière	Formation Continue	% des réalisations formation	0,854	0,845	-0,893	0,893	-0,893	0,549	-0,968	-0,443	-0,836	0,970	0,275	0,057	0,999
		% du personnel formé	0,900	0,892	-0,932	0,932	-0,932	0,627	-0,988	-0,527	-0,780	0,942	0,366	0,152	0,989
		Cout moyen des participants en DH	0,270	0,253	-0,346	0,346	-0,346	-0,168	-0,538	0,288	-0,986	0,876	-0,455	-0,640	0,767
		Heures de formation payées par personne	0,879	0,888	-0,839	0,839	-0,839	0,999	-0,703	-0,998	0,053	0,277	0,969	0,891	0,456
	Évaluation du Personnel	Taux d'évaluation personnel	0,902	0,909	-0,864	0,864	-0,864	1,000	-0,737	-0,993	0,003	0,324	0,956	0,868	0,499
		Promotion interne	0,823	0,813	-0,866	0,866	-0,866	0,501	-0,953	-0,392	-0,866	0,982	0,220	0,000	1,000

	Motivation	Heure supplémentaire	0,729	0,741	-0,672	0,672	-0,672	0,952	-0,499	-0,982	0,305	0,023	1,000	0,977	0,214
		Taux de maintien du personnel	-0,568	-0,582	0,500	-0,500	0,500	-0,865	0,304	0,920	-0,500	0,189	-0,975	-1,000	-0,003
	GPEC	Gestion compétence	0,867	0,858	-0,904	0,904	-0,904	0,571	-0,974	-0,466	-0,822	0,963	0,300	0,082	0,997
		Pyramide d'âge	-0,975	-0,971	0,990	-0,990	0,990	-0,787	0,997	0,705	0,619	-0,842	-0,567	-0,371	-0,930
		Effort formation	0,555	0,540	-0,620	0,620	-0,620	0,145	-0,773	-0,024	-0,990	0,982	-0,156	-0,370	0,928
	Développement RH	Communication	Taux de réalisation des comm RH	0,806	0,816	-0,756	0,756	-0,756	0,982	-0,599	-0,998	0,189	0,143	0,994	0,945
Taux de réalisation du budget de comm RH			0,890	0,898	-0,851	0,851	-0,851	1,000	-0,720	-0,996	0,029	0,300	0,963	0,880	0,477

De l'analyse de ce tableau, il ressort que le coefficient Chiffre d'affaires est fortement corrélé avec le nombre de cadres ($r = 0,975$), mobilité ($r = 0,916$), fiche de fonction ($r = 0,987$), accident de trajet ($r = 0,997$), respect du SMIG ($r = 0,997$), % des réalisations formation ($r = 0,854$), % du personnel forme ($r = 0,900$), heures de formation payées par personne ($r = 0,879$), taux d'évaluation personnel ($r = 0,902$), promotion interne ($r = 0,823$), heure supplémentaire ($r = 0,729$), nombre de personnels ayant élargi ses compétences sur son poste ($r = 0,867$), taux de réalisation des actions de communication RH ($r = 0,806$), taux de réalisation du budget de communication RH ($r = 0,890$), taux d'embauche ($r = -0,848$), taux de recrutements confirmés ($r = -0,852$), démission ($r = -0,848$), pyramide d'âge ($r = -0,975$), taux de maintien du personnel ($r = -0,568$), nombre de licenciements ($r = 0,568$).

Aussi, on constate que les résultats pour le coefficient masse salariale sont corrélés avec les mêmes pratiques présentées en résultat pour le chiffre d'affaires et présentent une corrélation moyenne avec médecine de travail ($r = -0,413$), accident travail ($r = -0,413$), coût moyen des participants en formation DH ($r = 0,253$) effort formation ($r = 0,540$).

Les variables en composantes principales masse salariale/ CA et résultat net sont corrélés inversement. Elles soutiennent une parfaite correspondance avec les coefficients respectivement présentés avec accident de trajet ($r = -1,000$, $r = 1,000$), respect du SMIG ($r = -1,000$, $r = 1,000$) et une forte corrélation avec %-cadres ($r = -0,989$, $r = 0,989$), taux d'embauche ($r = -0,803$, $r = -0,803$), taux de recrutements confirmés ($r = 0,807$, $r = -0,807$), démission ($r = 0,803$, $r = -0,803$), mobilité ($r = -0,945$, $r = 0,945$), fiche de fonction ($r = -0,971$, $r = 0,971$), % des réalisations formation ($r = -0,893$, $r = 0,893$), % du personnel forme ($r = -0,932$, $r = 0,932$), heures de formation payées par personne ($r = -0,839$, $r = 0,839$), taux d'évaluation personnel ($r = -0,864$, $r = 0,864$), promotion interne ($r = -0,866$, $r = 0,866$), heure supplémentaire ($r = -0,672$, $r = 0,672$), nombre de personnels ayant élargi ses compétences sur son poste ($r = -0,904$, $r = 0,904$), pyramide d'âge ($r = 0,990$, $r = -0,990$), effort formation ($r = -0,620$, $r = 0,620$), taux de réalisation des actions de communication RH0 ($r = -0,756$, $r = 0,756$), taux de réalisation du budget de communication RH ($r = -0,851$, $r = 0,851$).

La valeur élevée du premier coefficient de corrélation traduit essentiellement les relations entre, d'une part les pratiques du MRH (politique de recrutement, intégration et essai, la gestion des démissions, la gestion des mobilités, les définitions de fonction, les accidents de trajet, le dialogue social, la formation continue, l'évaluation du personnel, la motivation, la GPEC et la communication RH) et d'autre part la performance financière de l'entreprise (Chiffre d'affaires, masse salariale, masse salariale sur CA et le résultat net).

Le coefficient d'évolution des charges du personnel est parfaitement corrélé avec les variables :

accident de trajet ($r = -1,000$), respect du SMIG ($r = -1,000$) et une forte corrélation avec le pourcentage-cadres ($r = -0,989$), taux d'embauche ($r = -0,803$), taux de recrutements confirmés ($r = 0,807$), démission ($r = 0,803$), mobilité ($r = -0,945$), fiche de fonction ($r = -0,971$, $r = 0,971$), % des réalisations formation ($r = -0,893$), % du personnel forme ($r = -0,932$), heures de formation payées par personne ($r = -0,839$), taux d'évaluation personnel ($r = -0,864$), promotion interne ($r = -0,866$), heures supplémentaires ($r = -0,672$), nombre de personnels ayant élargi ses compétences sur son poste ($r = -0,904$), pyramide d'âge ($r = 0,990$), effort formation ($r = -0,620$), taux de réalisation des actions de communication RH0, ($r = -0,756$), taux de réalisation du budget de communication RH ($r = -0,851$).

Une parfaite correspondance est soutenue entre le coefficient de productivité en litre et le taux d'évaluation personnel ($r = 1,00$) ainsi que le taux de réalisation du budget de communication RH ($r = 1,00$). La variable corrobore positivement avec la majorité des pratiques du MRH, sauf pour la médecine de travail ($r = -0,001$), accident travail ($r = -0,001$), Coût moyen des participants en DH ($r = -0,168$) et effort formation ($r = 0,145$) qui sont faiblement corrélés.

On soutient dans le second rapprochement d'une part une forte liaison entre les pratiques du MRH (politique de recrutement, intégration et essai, la gestion des démissions, la gestion des mobilités, les définitions de fonction, les accidents de trajet, le dialogue social, la formation continue, l'évaluation du personnel, la motivation, la GPEC et la communication RH) et d'autre part, la performance économique de l'entreprise (évolution des charges du personnel, productivité en litre). Toutefois, la médecine de travail, les AT, le licenciement et le coût moyen des participants à la formation en DH ont un impact moyen sur l'évolution des charges du personnel, et très faible sur la productivité en litre.

La corrélation étant fortement retenue entre les pratiques du MRH et le coefficient Turnover, on retient une faible corrélation seulement avec le nombre de licenciements ($r = -0,304$), heures supplémentaires ($r = -0,499$), taux de maintien du personnel ($r = 0,304$).

Quant au taux de démission, il est parfaitement corrélé avec taux d'embauche ($r = 1,00$), recrutements confirmés ($r = 1,00$), démission ($r = 1,00$), négativement corrélé avec le nombre des cadres ($r = -0,704$), mobilité ($r = -0,558$), fiche de fonction ($r = -0,920$), accident de trajet ($r = -0,799$), nombre de licenciements ($r = -0,920$), respect du SMIG ($r = -0,799$), % des réalisations formation ($r = -0,443$), % du personnel forme ($r = -0,527$), heures de formation payées par personne ($r = -0,998$), taux d'évaluation personnel ($r = -0,993$), promotion interne ($r = -0,392$), heure supplémentaire ($r = -0,982$), nombre de personnels ayant élargi ses compétences sur son poste ($r = -0,466$), taux de réalisation des actions de communication RH0 ($r = -0,998$), taux de réalisation du budget de communication RH ($r = -0,996$) et positivement corrélé avec la, pyramide d'âge ($r = 0,705$), taux de maintien du personnel ($r = 0,920$).

Le taux de gravité des accidents de travail retrace une parfaite corrélation avec la médecine de travail ($r = 1,00$) et l'accident travail ($r = 1,00$). Une forte corrélation est retenue avec le nombre de cadres ($r = -0,620$), mobilité ($r = -0,756$), % des réalisations formation ($r = -0,836$), % du personnel formé ($r = -0,780$), coût moyen des participants à la formation en DH ($r = -0,986$), promotion interne ($r = -0,866$), gestion compétence ($r = -0,822$), pyramide d'âge ($r = 0,619$) et effort formation ($r = -0,990$).

L'absentéisme et le taux de personnel ayant élargi ses compétences dans un poste sont fortement corroborées avec le nombre des cadres ($r = 0,843$, $r = 0,930$), mobilité ($r = 0,929$, $r = 0,983$), fiche de fonction ($r = 0,577$, $r = 0,723$), médecine de travail ($r = -0,945$, $r = -0,865$), accident travail ($r = -0,945$, $r = -0,865$), accident de trajet ($r = 0,756$, $r = 0,867$), respect du SMIG ($r = 0,756$, $r = 0,867$), % des réalisations formation ($r = 0,970$, $r = 0,999$), % du personnel forme ($r = 0,942$, $r = 0,989$), cout moyen des participants en formation DH ($r = 0,876$, $r = 0,767$), heures de formation payées par personne ($r = 0,982$, $r = 1,00$), nombre de personnels ayant élargi ses compétences sur son poste ($r = 0,963$, $r = 0,997$), pyramide d'âge ($r = -0,842$, $r = -0,930$) et l'effort formation ($r = 0,982$, $r = 0,928$).

Nous notons que l'absentéisme est parfaitement corrélé avec les heures supplémentaires. Il correspond fortement avec le nombre de cadres ($r = 0,565$), taux d'embauche ($r = -0,983$), recrutements confirmés ($r = -0,981$), démission ($r = -0,983$), fiche de fonction ($r = 0,835$), accident de trajet ($r = 0,679$), nombre de licenciements ($r = 0,975$), respect du SMIG ($r = 0,679$), heures de formation payées par personne ($r = 0,969$), taux d'évaluation personnel ($r = 0,956$), taux de maintien du personnel ($r = -0,975$), pyramide d'âge ($r = -0,567$), taux de réalisation des actions de communication RH ($r = 0,994$) et le taux de réalisation du budget de communication RH ($r = 0,963$).

La communication stratégie de l'entreprise correspond parfaitement au nombre de licenciements ($r = 1$) et au taux de maintien du personnel ($r = -1$). Les autres pratiques du MRH sont fortement ou moyennement corrélées sauf pour la mobilité ($r = 0,189$), % des réalisations formation ($r = 0,057$), % du personnel formé ($r = 0,152$), promotion interne ($r = 0,00$), gestion compétence ($r = 0,082$).

Afin de retenir les corrélations de la performance sociale de l'entreprise, nous retenons les coefficients où $r < 2,5$ et dont il existe une correspondance entre toutes les pratiques du MRH. Il en résulte que le pourcentage des cadres, les définitions de fonction, les accidents de trajet, le respect du SMIG, le coût moyen des participants à la formation en DH et la pyramide des âges sont autant de facteurs qui corréleront fortement ensemble avec la performance sociale de l'entreprise (turnover, taux de démission, taux de gravité des accidents de travail, taux d'efficacité des formations réalisées, taux d'absentéisme, communication stratégie de l'entreprise, % de personnel ayant élargi ses compétences dans un poste).

6.2 DISCUSSION

Afin d'examiner les proportions de variabilité expliquée et les couples de variables correspondantes. Nous commençons la discussion l'analyse du cercle de corrélation dont les résultats se présentent comme suit :

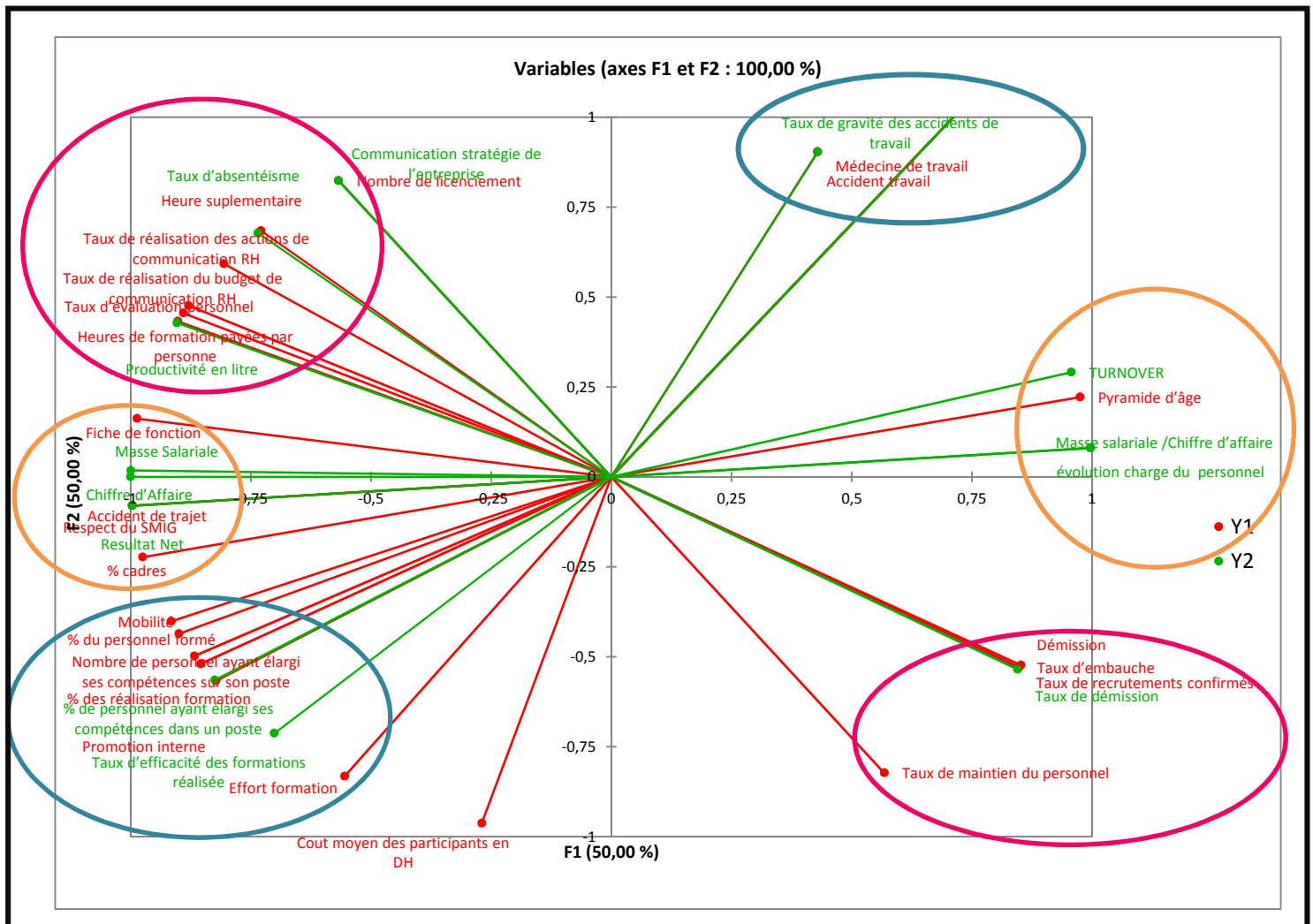
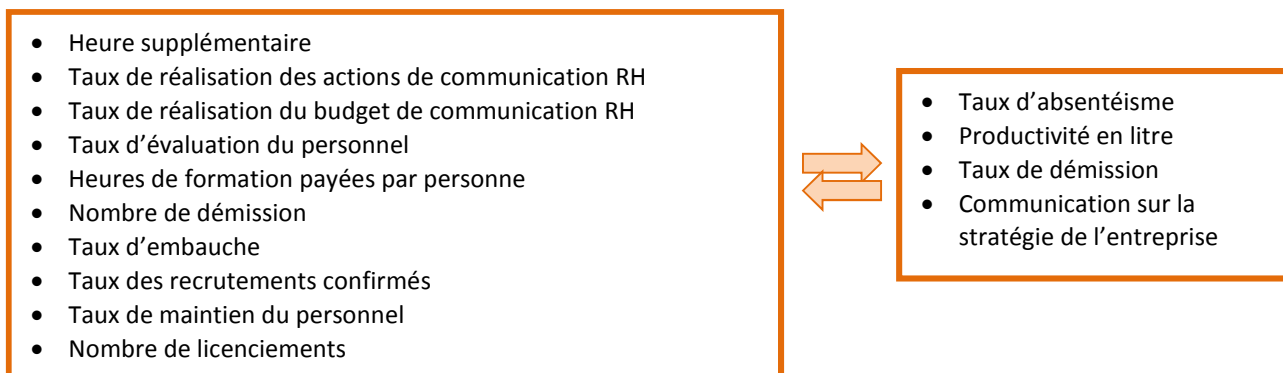


Figure 4 : Cercle des corrélations des pratiques du MRH et la performance de l'entreprise à "Source Marrakech"

Lors d'un groupement de points de nuages dans la même dimension rapprochée, on distingue la corrélation entre plusieurs variables. De notre étude sur la société "Source Marrakech", il en résulte 3 couples de corrélation :

On distingue la corrélation entre plusieurs variables lors d'un groupement de points de nuages dans la même dimension rapprochée. De notre étude sur la Société Source Marrakech, il en résulte 3 couples de corrélation :

Premier couple de relation :

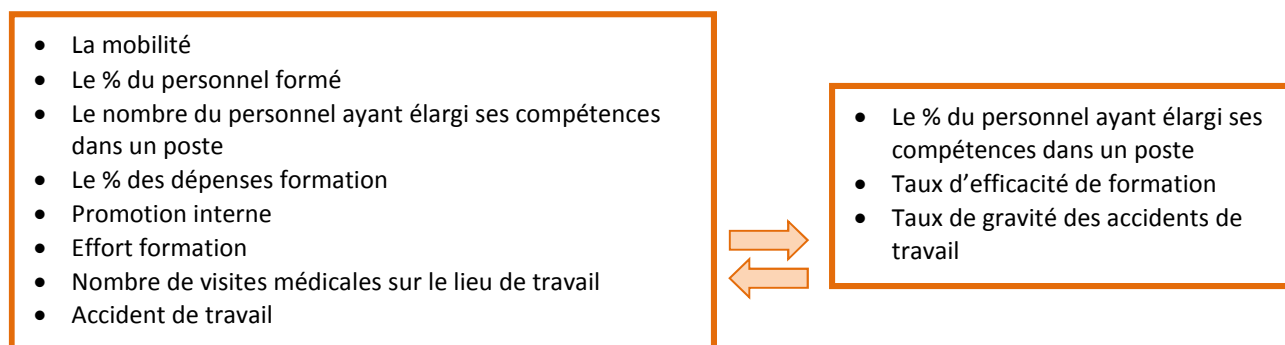


On constate une corrélation inversée dans le couple de relation. La première correspondance nous montre que plus le nombre de démissions, le total des départs de moins de 24 mois et le taux d'embauche et de recrutement confirmé sont faibles, plus le taux de démission est faible. On comprend que plus le personnel est motivé, moins on aura de recrutements à assurer avec un taux de démission assez faible.

On déduit que la productivité par litre, le taux d'absentéisme et la communication de la stratégie de l'entreprise corroborent dans le même sens. Cette progression est positivement liée aux heures supplémentaires déployées, aux actions et au budget de communication RH, à l'évaluation du personnel et aux formations déployées pour les collaborateurs de la société. Ainsi, plus les tops manager communiquent sur la stratégie de l'entreprise, accordent une grande importance à communiquer la culture, les valeurs, les avantages... de l'entreprise et déploient des formations pour assurer le développement des compétences de leurs collaborateurs, plus la productivité de l'entreprise augmente. Aussi, on déduit que l'évolution du taux d'absentéisme est reliée au nombre de licenciements.

Les conclusions retenues dans le premier couple relient les pratiques de la motivation du personnel, la bonne communication RH, l'évaluation annuelle du personnel, la gestion du conflit, la formation, la politique de recrutement, l'intégration, l'essai et le nombre de démissions à la productivité en litre, le taux de démission et le taux d'absentéisme et la communication sur la stratégie de l'entreprise. Dans un autre sens, ils sont reliés à la performance économique et sociale de l'entreprise.

Deuxième couple de relation :



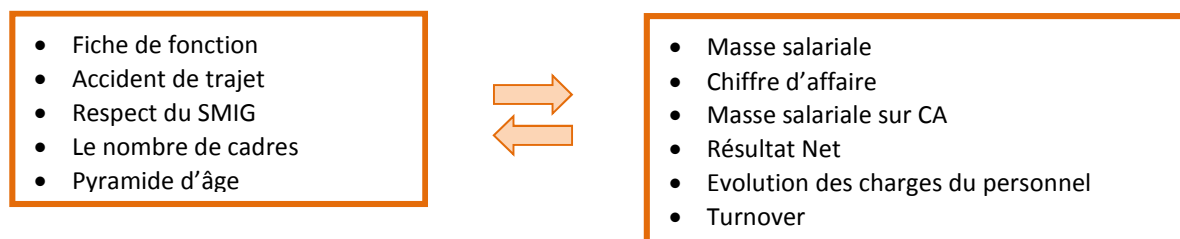
On observe dans le second couple de relation une corrélation inversée. La première joint le nombre de visites médicales et l'accident de travail au taux de gravité des AT, dans la mesure où plus les collaborateurs sont pris en charge par la médecine du travail, moins les AT seront graves.

Le second cercle explique que plus le personnel est formé dans son champ de compétences et les formations s'avèrent efficaces, plus il lui sera possible d'élargir ses compétences dans un poste et par conséquent prévenir une mobilité ou une promotion interne.

Des deux cercles étudiés, on soustrait que les AT et leur gravité sont reliés à la formation. Dans la mesure où plus le personnel est sensibilisé par des formations sur la sécurité et les habilités métiers, moins on aura de graves AT.

Il est conclu du second cercle de corrélation, la relation entre : la formation, la gestion des mobilités, l'évaluation annuelle, la gestion administrative des dossiers de maladie et des AT et la GPEC, tous relevés comme pratiques du MRH et la performance sociale de l'entreprise.

Le troisième couple de relation :



Le premier cercle de relation relate une évolution dans le même sens de prévision de l'âge moyen et les indicateurs du Turnover, la masse salariale du CA, évolution des charges du personnel.

Quant au second cercle, il relie les pratiques de définition de fonction, le nombre-cadre de la société, les accidents de trajet le respect du SMIG à la masse salariale, le CA et le résultat net. Dans ce sens, plus le processus de recrutement est bien ficelé et les fiches de postes définies à l'avance en garantissant une bonne gestion administrative, moins les charges du personnel et la masse salariale augmenteront et plus la société assurera des bénéfices sur son chiffre d'affaires. Aussi, les accidents de trajets pèsent lourd sur la masse salariale.

De ce couple de relation, on relie les pratiques du MRH à savoir, la GPEC, la politique emploi, la gestion administrative à la performance financière et sociale de l'entreprise.

7 CONCLUSION

En définitif, nous déduisons à travers cette recherche que le MRH est devenu une action stratégique au sein de l'entreprise au cours des dernières années. La démarche de mise en place des pratiques MRH symbolise la recherche permanente des compétences humaines dans les entreprises qui veulent ou développent leur savoir-faire tout en préservant un certain niveau de rentabilité.

Le MRH se conçoit actuellement comme une obligation et non pas un choix pour toute entreprise, essentiellement celles désireuses d'être performante tant au niveau financier, économique que social.

Nous retenons aussi qu'on ne peut nier que les pratiques du MRH, leur efficacité et leur efficience résident essentiellement dans la complémentarité du processus en lui-même.

Ainsi, cette recherche nous a permis de formuler des suggestions et résultats susceptibles d'être approfondis et analysés dans d'autres projets de recherches, afin d'apporter une continuité et une valeur de plus pour le Management des Ressources Humaines.

REFERENCES

- [1] Arthur J.B. (1994). «Effets of human resource systems on manufacturing performance and turnover». Academy of Management Journal, vol. 37, n° 3.
- [2] Barney, J. et Wright, P.M. (1998). «On Becoming a Strategic Partner: The Role of Human Resources in Gaining Competitive Advantage». Human Resource Management, vol. 37, no 1.
- [3] Becker, B.E., Huselid M.A., Pickus P.S. et Spratt ,M.F. (1997), « HR as a Source of Shareholder Value- Research and Recommendations», Human Resource Management, vol. 36, no 1.
- [4] Bryson, A. (1999). «The Impact of Employee Involvement on Small Firms Financial Performance». National Institute Economic Review, July.
- [5] Charbonneau, M. (2010), « Système de pratiques hautement performantes en gestion des ressources humaines : une étude dans les PME québécoises ». Université du Québec. Montréal.
- [6] Chrétien L, Arcand G, Tellier G, Arcand M. (2005). « Impacts des pratiques de GRH sur la performance organisationnelle des entreprises de gestion de projets». Revue internationale sur le travail et la société. vol. 3. n° 1.

- [7] Drucker, P.F. (1999). « Knowledge Worker Productivity: The Biggest Challenge ». *Californie Management Review*, vol. 41, no 2.
- [8] Fabi B., Raymond L., Lacoursiere R., Arcand M. (2004). « Les PME les plus performantes se distinguent-elles par leurs pratiques de GRH ? ». 7e congrès international francophone en entrepreneuriat et PME, Montpellier (du 27 au 29 octobre).
- [9] Guzzo, R.A., Jette. R.D. et Katzell R.A., (1985). « The Effects of Psychologically Based Intervention Programs on Worker Productivity: a Meta-Analysis ». *Personnel Psychology*, vol. 38.
- [10] HILTROP J. M. (1999). « The Quest for the Best: Human Resource Practices to Attract and Retain Talent ». *European Management Journal*, 17(4).
- [11] HOUNKOU, E. 2006. « Les pratiques de gestion des ressources humaines des entreprises béninoises les plus performantes sont-elles plus ou moins congruentes au contexte culturel béninois ? » XVII congrès de l'AGR – le travail au coeur de la GRH IAE de Lille et REIMS management schol, 16 et 17 novembre 2006, REIMS .
- [12] Huselid, M.A. Jackson S.E. et Schuler R.S. (1997). « Technical and Strategic Human Resource Management Effectiveness as Determinants of Firm Performance ». *Academy of Management Journal*, vol. 40, no 1.
- [13] Lacoursière, R. (2001). « Impacts de certaines pratiques stratégiques de gestion des ressources humaines sur la performance organisationnelle et financière de PME » Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Trois-Rivières.
- [14] LiouvilleN J. et Bayad M. (1995). « Stratégies de gestion des ressources humaines et performances dans les PME : résultats d'une recherche exploratoire ». *Gestion* 2000.
- [15] Marion, A. Asquin, A.- Evaraere, C. Vinot, D. Xissler, M. (2012). « Diagnostic de la performance de l'entreprise » Édition Dunod.
- [16] Ndao, A.(2012) « Effets des pratiques de GRH sur la performance économique et financière des entreprises sénégalaises : par quels mécanismes ? ». Laboratoire GRH - FASEG/UCAD & Laboratoire ORHA/UPV. Montpellier 3.
- [17] Perreti, J.M. (2013). *Ressources humaines*. 14e édition, Vuibert.
- [18] Pfeffer J. (1998). « Seven Practices of successful organizations ». *Californie Management Review*, 40 no 2.
- [19] Revue : Les inspirations ECO.PME de novembre 2013
- [20] Schuster, F.E., Morden, D.L. Baker, T. Mc Dunning, K. et Hagan, C. (1997). « Management Practice, Organization Climate and Performance: An Exploratory Study ». *The Journal of Applied Behavioral Science*, vol. 33, no 2.
- [21] Snell, S.A., Youndt, M.A. et Wright, P.M. (1996). « Establishing a Framework for Research in Strategic Human Resource Management: Merging Resource Theory and Organizational Learning ». *Research in Personnel and Human Resources Management*, vol. 14.
- [22] Wernerfelt, B. (1984), « A Resource-Based View of the Firm », *Strategic Management Journal*, vol. 5.
http://mon.univ-montp2.fr/claroline/backends/download.php?url=L3RwNC5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IAE_AD

Conduite au volant sous l'emprise de substances psycho actives au Maroc

[Driving under the influence of psychoactive substances in Morocco]

R. B. Maataoui, B. Almasrar, S. B. Maataoui, Y. Koulali, and S. Hilali

Unité de recherche "Agro – Ressources Marocaines et Environnement",
Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan Premier, Settat, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study was to describe, evaluate, and identify psychoactive substances and its risk factors among Moroccan drivers. The epidemiological and cross-sectional survey concerned 428 drivers: heavy weight (70) Coach (67) Automotive (234) and taxi (57). The support of the survey is an individual questionnaire comprising four sections: individual characteristics of drivers, medical practices, toxicological habits and knowledge of road safety. The results show that drivers constitute a population at risk : Medical Habits: risk taking drugs and driving (61%), followed by chronic treatment (37.9%), medication without prescription (55%), non-compliance of the treatment rest before driving (70%) , toxicological habits (tobacco : 53.6 % alcohol : 27.17%, illegal drugs : 18.97%, tea : 31.1%, coffee :15.4%. Their knowledge of road safety is very poor: ignorance of the Highway Code and the risk factor in the decision of psychoactive substances are respectively about 73% and 80.6 %. Prevention and reduction of accidents related to the taking of psychoactive substances pass through awareness and training of drivers on the real risk of this factor.

KEYWORDS: Drug, psycho active substances, traffic accidents.

RESUME: L'objet de cette étude était de décrire, d'évaluer et d'identifier les substances psycho actives et leurs facteurs de risque chez les conducteurs Marocains. L'enquête épidémiologique et transversale a intéressé 428 conducteurs : poids lourds (70), autocar (67), automobile (234) et taxi (57). Le support de l'enquête est un questionnaire individuel comportant quatre rubriques : les caractéristiques individuelles des conducteurs, les habitudes médicales, les habitudes toxicologiques et les connaissances en matière de sécurité routière. Les résultats montrent que les conducteurs constituant une population à risque se caractérisent par:

- Habitudes médicales : prise de médicaments à risque au volant (61%), suivi du traitement des maladies chroniques (37,9%), prise de médicaments sans prescription médicale (55%) , non respect du repos de traitement avant la conduite (70%).
- Habitudes toxicologiques : tabac: 53,6%, alcool : 27,17%, drogues illicites : 18,97%, thé : 31,1%, café : 15,4%.
- Connaissance en matière de sécurité routière: très insuffisante : l'ignorance du code de la route et le facteur de risque lié à la prise des substances psycho actives sont respectivement de l'ordre de 73% et 80,6%.

La prévention et la réduction des accidents liés à la prise des substances psycho actives passent par la sensibilisation et la formation des conducteurs sur le risque non négligeable de ce facteur.

MOTS-CLEFS: médicaments, substances psycho-actives, accidents de circulation.

1 INTRODUCTION

Selon l'organisation mondiale de santé, les accidents de la circulation représentent la 9^{ème} cause de mortalité dans le monde [1]. 91% des décès sur les routes surviennent dans les pays à revenus faibles ou intermédiaires [2].

Au Maroc en 2013, le nombre d'accident de la route était de 67926 accidents corporels et ont fait 3832 victimes et 102040 blessés [3]. L'impact socio-économique de ces accidents représente un véritable fléau national et un problème sérieux pour la santé publique. Les différentes causes des accidents de la voie publique sont fortement liées au facteur humain. Il s'agit essentiellement d'excès de vitesse, fatigue, conduite avec des niveaux de vigilance et d'attention affaiblie...etc. [4].

Parmi les facteurs directs provoquant des accidents, la prise de substances psycho-actives est probablement un facteur très sous-estimé des accidents de route. Si la législation de l'alcool et des stupéfiants est en voie de durcissement par l'application du nouveau code de la route [6], les recherches épidémiologiques sur le rôle des substances psycho-actives dans la survenue des accidents restent embryonnaires, selon certaines études on note que 40% des accidents mortels sur la route sont dus à la consommation de l'alcool et des drogues [7]. Par contre, le rôle de la consommation des médicaments reste difficile à expliquer vue la complexité de leurs compositions chimiques, leurs interactions, la dose et le moment de la prise du médicament.

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui a pour objectifs l'évaluation de l'importance de la consommation des médicaments et substances psycho-actives par les conducteurs ainsi que les risques d'accidents qui y sont liés.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 POPULATION CIBLE

Cette étude s'est déroulée sur la ville de Rabat du mois septembre 2013 au mois février 2014 au niveau des stations services et gare routière. La population cible était composée de conducteurs. Sur les 788 conducteurs contactés, seuls 428 ont accepté de participer à l'enquête.

2.2 MÉTHODE

Le support de l'enquête est un questionnaire individuel, anonyme, adapté aux objectifs de l'étude. Il comprend :

- Données générales sur les conducteurs : âge, sexe, type de véhicule, date et causes de l'accident.
- Habitudes médicales : Prises et modalités de prises des médicaments, respect du repos lors de la conduite et traitement des maladies chroniques.
- Habitudes de dépendance : addiction aux drogues et à l'alcool, prise d'excitants.
- Conscience professionnelle : maîtrise du code de la route, évaluation des causes et connaissances des risques liés à la consommation des substances psycho-actives au volant.

2.3 DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE

Les entretiens individualisés avec les conducteurs ont été réalisés dans le respect total de la confidentialité. Chaque conducteur a été informé des objectifs de l'étude.

Chaque entretien a duré entre 10 et 15 min. Les questions ont été formulées oralement et expliquées en termes simples et accessibles à tous.

2.4 EXPLOITATION DES DONNÉES

L'analyse statistique a été évaluée par la variance et par le test ANOVA pour la comparaison des moyennes. Pour les grandeurs qualitatives, elles ont été évaluées par le test chi-2. Le seuil de signification p choisi correspondant à une valeur $p < 0,005$. Le logiciel utilisé est SPSS version 17.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Sur un effectif global de 788, seuls 428 de conducteurs ont accepté de participer à cette étude, ce qui constitue un taux de participation de 54.3% (Tableau 1).

L'âge moyen des participants était de $35,1 \pm 11,2$ ans avec un maximum de 73 ans et un minimum de 18 ans. Le nombre de femmes était de 138, soit 32% de l'effectif total.

49.5% des interrogés ont déclaré avoir eu un accident de circulation dans les 12 mois précédents.

La nature des véhicules conduits par les participants à l'enquête se repartie comme suit : 54% d'automobiles, 16.3% de véhicules poids lourds, 15.7% d'autocars et 13.3% de taxis. Il est à noter qu'aucun conducteur de véhicules poids lourds ou autocars n'est âgé de moins de 25 ans.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'échantillon étudié

Caractéristiques individuels	Poids lourds N= 70 n (%) =16,3	Autocar N=67 n (%) =15,7	Automobile N=234 n (%) =54,7	Taxi N=57 n (%) =13,3	Total N=428 n (%) =100
Age					
• moins de 25 ans	0(0)	0(0)	78(18,2)	11(2,6)	89(20,8)
• plus de 25 ans	70(16,4)	67(15,7)	156(36,4)	46(10,7)	339(79,2)
Sexe					
• Homme	70(16,4)	66(15,4)	99(23,1)	55(12,9)	290(67,8)
• Femme	0(0)	1(0,2)	135(31,5)	2(0,5)	138(32,2)

Sur l'ensemble des personnes interrogées, 233 conducteurs ont déclaré n'avoir jamais pris de médicaments, drogues ou alcool au volant. Ceci constitue alors 54.4%.

La répartition des 195 ayant déclaré avoir consommé des médicaments, drogues, alcool et plantes est repartie sur le Tableau 2 :

Tableau 2 : Répartition de la consommation des médicaments, drogues, alcool et plantes au volant.

Nature de la consommation	Pourcentage
Médicaments	51.28%
Alcool	27.17%
Drogues	18.97%
Plantes médicinales	2.56%

On remarque que la majorité des conducteurs ont pris des médicaments lors de la conduite, suivie des prises de l'alcool et des drogues.

Pour la consommation de l'alcool et des drogues, on a constaté que les jeunes moins de 25 ans ne constituent que 17.7% des consommateurs. Ce constat va à l'opposé de ce qu'on peut habituellement penser. De même, la consommation de ces deux substances se concentre chez la classe des conducteurs de véhicules poids lourd et autocars. Les femmes ne représentent dans cet effectif que 13.2% pour l'alcool et 13.5% pour les drogues.

Pour la nature des drogues illicites consommées, on constate la prédominance de la consommation du cannabis 9,22% sous sa forme résine 4,1% et celle de la marijuana 5,12%. Les chauffeurs professionnels du poids lourds et autocar sont les grands consommateurs du cannabis (6,64%).

Sur les 100 conducteurs ayant déclaré avoir consommé des médicaments, les femmes ne représentent que 36% de cet effectif. L'analyse de la nature des médicaments pris a montré la prédominance des psychotropes avec 13,46% dont 5,17% d'antidépresseurs, 5.69% de benzodiazépines et 2,58% de neuroleptiques. Tous ces médicaments ont un effet direct sur le système nerveux centrale et donc sur la vigilance au volant. La classification de ces médicaments en fonction de leurs dangers et selon l'agence française de sécurité du médicament et des produits de la santé [8] montre que 10% des médicaments sont de niveau de risques faibles, 50% d'un niveau de risques évidents et 11% ne sont pas compatibles avec la conduite.

38% de conducteurs ont également déclaré avoir consommé d'autres médicaments tels que les antidiabétiques, antihistaminiques ou anti-inflammatoires. 70% des personnes interrogées ont déclaré ne pas avoir respecté les consignes de repos exigées, après la prise médicamenteuse.

162 conducteurs (37,9%) ont déclaré qu'ils suivaient un traitement des maladies chroniques dont on note la prédominance des psychotropes 21% suivi des antiasthmiques 10,49%.

Plus de la moitié des conducteurs 55% avaient pris des médicaments sans prescription médicale.

Concernant la consommation des excitants, 31,1% des conducteurs ont déclaré avoir consommé du thé, 15,4% du café et 53,5% fumaient du tabac.

Pour les cinq plantes consommées par les conducteurs 2,56% étaient de nature nigelle sativa, fenugrec, mandragore, belladone et thymus vulgaris. Les trois dernières plantes agissent sur le SNC en perturbant la vigilance [9, 10, 11, 12].

Sur l'ensemble des personnes interrogées, seuls 27% des conducteurs ont reconnu avoir eu le temps de lire le nouveau code de la circulation marocain, mis en application en 2010, et 19,4% connaissaient le risque lié à la prise des substances psycho actives au volant.

Notre étude a révélé, parmi les habitudes des conducteurs, des facteurs importants de risque d'altération au niveau de vigilance et d'attention à savoir la consommation abusive des médicaments à risque au volant surtout de niveau 3 (psychotropes 13,46% avec une prédominance des benzodiazépines) et niveau 2 (antihistaminiques H1, les antalgiques opiacés 7,7%)[8]. 3,62% de ces médicaments sont pris sans prescription médicale, souvent sur automédication. Cette augmentation de la consommation des psychotropes par rapport 4% retrouvée lors de l'étude réalisée à Casablanca s'explique du fait que notre échantillon englobe en plus les conducteurs d'automobile [13]. Mais en comparaison avec l'étude réalisée dans le contexte d'une thèse doctorale des psychotropes [14] ce pourcentage trouvé de psychotropes est similaire 14%(âge : 35-54 ans).

L'étude a révélé que 37,9% des conducteurs suivaient un traitement des maladies chroniques avec une prédominance des psychotropes (21%) ce qui explique que les marocains souffrent des troubles liés à l'humeur, la dépression et la psychose vu le stress quotidien du travail, d'éducation des enfants, des courses....etc. A l'instar de la communauté européenne ou la consommation des psychotropes est à l'ordre de 18 %(âge : 18-75ans) [15].

Pour l'alcool, l'étude a montré que 13,31% des chauffeurs professionnels avaient consommé du vin rouge et de la bière. L'absorption de ce dernier, même à des doses modérées, provoquent des modifications du comportement des conducteurs (baisse de vigilance, troubles visuels, endormissement...etc.). Cette consommation de l'alcool reste sous-estimée vu que la population Marocaine est musulmane, la question relative à l'alcool demeure taboue. Une enquête menée au Maroc avait montré un pourcentage similaire de consommation de l'alcool 12,9% [13].

Dans notre étude la consommation des drogues était de l'ordre de 18,97%, le cannabis était la drogue la plus consommée (6,64%) surtout chez les chauffeurs professionnels du poids lourds et autocar. Ce pourcentage avoisine celui trouvé dans l'étude réalisée chez les conducteurs professionnels du poids lourds à Casablanca 7,6 [17].

La prévalence de la consommation du thé était plus importante 31,1% que celle du café 15,4%. Le café renferme 0,75 à 1,5 % de caféine, le thé vert renferme 5% de théine. A dose modérée, caféine et théine sont des excitants du SNC qui semblent favoriser le travail intellectuel mais les personnes qui en abusent présentent parfois du tremblement et souffrent d'insomnies [18].

L'étude a montré que la moitié des conducteurs fumaient du tabac 53,6%, à raison de 20 cigarettes par jour. Des études réalisées auparavant au Maroc confirmaient ce pourcentage (50,6% à raison de 21 cigarettes quotidiennes) [16].

En fin, les conducteurs marocains ignoraient les questions relatives à la sécurité routière. L'étude a révélé que 27% des conducteurs reconnaissaient avoir eu des informations sur le nouveau code de la route et 79,6% ignoraient le facteur de risque lié à la prise des substances psycho-actives au volant. L'étude faite à Bamako a montré une valeur assez inférieure, 31% ignorent la dangerosité de la prise de ces substances au volant [19]. Ce qui peut être expliqué par la diffusion de la télévision nationale Malien des émissions concernant ce sujet.

4 CONCLUSION

Au cours de ce travail, il a été constaté que la consommation des substances psycho actives était peu connue comme facteur de risque, ses effets sur la conduite étant largement ignorés et minorés par les conducteurs. La prévention passe par l'information, l'éducation et la communication des conducteurs sur ce facteur de risque qu'il faut combattre au même titre que l'excès de vitesse et l'introduire dans tout plan de stratégie de prévention routière. De plus la lutte contre ces types d'accidents doit se faire par la mise en place des tests de dépistage de l'alcool, des stupéfiants.

REFERENCES

- [1] Murray, Christopher JL et Lopez (1996): Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *The Lancet*, 1997, vol. 349, no 9063, p. 1436-1442.
- [2] OMS (2013): aide mémoires N°358 accidents de route.
www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/fr/.
- [3] Ministère de transport Marocain(2013) : statistiques des accidents
www.mtpnet.gov.ma/routier/.../Réseau..../statistiques-des-accidents.aspx
- [4] S.Zerelli (2008) : CCSM : Swissecos n° 11 –chambre de commerce Suisse au Maroc
[Http://www.ccsma.ma/suisseEco/suisseEco11.pdf](http://www.ccsma.ma/suisseEco/suisseEco11.pdf)
- [5] S.Gerche (2011) : Substance psycho active et drogue.
<http://www.docteurclic.com/faq/qu-appelle-t-on-substance-psycho-active-par-rapport-a-la-drogue.aspx>
- [6] Xinhua (2014) : Maroc : de lourdes sanctions attendent les conducteurs.
<http://french.cri.cn/621/2014/10/09/562s404781.htm>
- [7] A. Chabrol (2010) : Alcool, drogues et conduite.
www.preventionroutiere.asso.fr/content/donwald/..../PM_HS_07.pdf
- [8] Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé Afssap (2009) : Mise au point/ Médicaments et conduite automobile – agence nationale de sécurité du médicament (ansm)
[Ansm.sante.fr/var/ansm.../faff1e402339cd443a9894792f20d31d.pdf](http://ansm.sante.fr/var/ansm.../faff1e402339cd443a9894792f20d31d.pdf).
- [9] Goullé, J.P(2004) : Botanique, chimie et toxicologie des solanacées hallucinogènes: belladone, datura, jusquiame, mandragore. In : *Annales de toxicologie analytique*: édition, diffusion, presse sciences EDP Sciences, 2004. p. 22-35.
- [10] Van Den Brocken (1981). Pharmacological and chemical investigation of thyme liquid extracts. *Plantar medical*, 41(2), 129-135.
- [11] Ali, B.H (2003): Pharmacological and toxicological properties of *Nigella arvensis*. *Phytothérapie Recherche*, 17(4), 299-305.
- [12] Bessot, J.C (1996) : Allergie respiratoire au Fenugrec. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 1996, vol. 36, no 5, p. 510-512.
- [13] Laraoui.S (2010). Prevalence and risk factors of attention disorders of professional drivers in Morocco. *Sante publique (Vandœuvre-lès-Nancy, France)*, 23(2), 89-100.
- [14] Amato J.N (2011) : effets de la prise des médicaments psychotropes et l'âge du conducteur sur la conduite.
www.hal.inserm.fr/file/index/docid/597555/filename/amato-2011thesis.pdf
- [15] Institut national de la santé et de recherche médicale (2012) : Médicaments psychotropes : consommation
www.inserm.fr/.../DP+EC+médicaments+psychotropes+def%5B1%5D.pdf.
- [16] Beck, F (2006). L'alcool donne-t-il un genre? *Travail, genre et sociétés*, 15(1), 141-160.
- [17] Laraoui.O (2008). Évaluation de la vigilance chez les conducteurs professionnels de poids lourds à Casablanca. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 69(4), 574-585.
- [18] Michel, V. (2014). Myrtilles et mémoire: les myrtilles protègent-elles des pertes de mémoire liées à l'âge? Etude bibliographique (Doctoral dissertation).
- [19] Dagnoko.D (2006) : Place de médication des conducteurs dans la survenue des accidents De la route à Bamako. Thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de Médecine de Pharmacie et d'odontostomatologie. Université de Bamako. Mali.
www.Kenya.net/fmpos/theses/2006/pharma/pdf/06P17.pdf

Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC

[Physico-chemical analysis and quality control of groundwater from the region SIDI Allal Tazi-Gharb-MOROCCO]

**Mohammed AL-QAWATI¹, Youssef AZAMI IDRISSE¹, Ali ALEMAD¹, Isslam BELHAILI¹, Ikram MARC¹, Fouzia BAICHOUTI²,
Khadija EL KHARRIM¹, and Driss BELGHYTI¹**

¹Laboratoire d'Environnements et Energies Renouvelables, Faculté Des Sciences,
Université Ibn Tofail de Kénitra, Maroc

²Laboratoire l'ORMVAG Kénitra, Maroc

Copyright © 2015 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: Most of water resources nowadays are exposed to pollution caused by domestic, industrial and agricultural wastewater. Pollution is also caused by climate changes, acidic rain, etc. The superficial pollution can infiltrate through soil into the underground water. The danger of this pollution depends on the nature, concentration and type of the pollutants. The main objective of this study is to evaluate and control the physicochemical quality of underground water of ALLAL TAZI-Gharb Morocco .The research is carried out on 22 underground water wells in the region under study. It analyses and controls 12 physicochemical parameters of the collected samples in ORMVAG Laboratory, Kenitra. These parameters are pH, EC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , (NH_4^+) et NO_3^- , CO_3^{2-} et bicarbonate HCO_3^- .The results have shown that the concentration of ammonium NH_4^+ in 95% of wells and nitrate NO_3^- in 68.2 % of wells are much higher than the World Health Organization (WHO) norms . This indicates that there is nitrogen pollution as a result of industrial and domestic organic waste or due to the excessive use of soil fertilizers. The electric conductivity in 31.8 % of wells, concentration of chloride Cl^- in 41% of wells, and concentration of sodium Na^+ in 31.8% of wells are relatively higher than WHO norms. This explains the existence of high level of mineralization in water-wells of the region under study as a result of geological structure or industrial and domestic pollution. The study has also revealed that other parameters are approximately in concord with the norms set out by WHO. It is concluded that the physicochemical quality of the underground water of the region under study is medium.

KEYWORDS: Groundwater, physicochemical quality, ALLAL TAZI, Morocco.

RÉSUMÉ: Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui provient des rejets domestiques, industriels et agricoles sans traitement préalable, Cette pollution cause la dégradation de la qualité de l'eau. Les polluants superficiels peuvent s'infiltrer à travers le sol vers les nappes. L'objectif de notre travail est d'évaluer et contrôler la qualité physico-chimique des eaux souterraines, pour protéger la santé humaine. On a évalué la qualité de 22 puits de la région SIDI ALLAL TAZI- Gharb-Maroc, toute en effectuant l'analyse pour 12 paramètres physico-chimiques et chimiques dans laboratoire d'ORMVAG-Kénitra. Ces paramètres sont pH, CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ et NO_3^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- . Également, on a comparé les résultats obtenus avec les normes de l'OMS. Ces résultats ont montré que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes de l'OMS, Ce qui indique à la présence d'une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels. Ainsi que la conductivité dans 31,8% des puits et les concentrations en chlorure dans 41% des puits et en sodium dans 31,8% de ceux-ci sont assez élevées, Ce qui correspond à une forte minéralisation qui résulte généralement de la nature des terrains traversés ou de la pollution industrielles ou domestiques.

Les résultats d'autres paramètres analysés se conforment à la directive d'OMS. Alors, en générale, la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région d'étude est relativement moyenne.

MOTS-CLEFS: Eaux souterraines, qualité, physico-chimique, ALLAL TAZI- Gharb-Maroc.

1 INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout et sa qualité souvent ne respecte pas les normes concernant l'eau potable ce qui présente de risque pour la santé humaine. Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui provient de l'évacuation des eaux usées domestiques, industriels et agricoles sans traitement dans les milieux naturels, de changement climatique, de la minéralisation naturelle et des pluies acides,.....etc. Les polluants superficiels peuvent infiltrer à travers le sol vers les nappes. Le danger de la pollution dépende des types et des concentrations des polluants. Les ressources en eau au Maroc sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Ces ressources sont limitées et menacées par la pollution dans la majeure partie du territoire.

Les activités agricoles dans la zone du Gharb-Maroc sont considérées parmi les secteurs potentiels qui peuvent contribuer à la dégradation de la qualité des eaux et du sol. Les ressources en eau souterraine du Gharb-Maroc sont confrontées à un problème de pollution par les pesticides OC (Pesticides Organochlorés) ($0.03-0.3\mu\text{g/l}$) [1]. La vulnérabilité à la pollution de la nappe dépende de trois paramètres principaux: Le transfert d'un polluant depuis la surface du sol jusqu'à la nappe, le degré d'épuration C_p/C_p (le rapport de la concentration C_p de l'eau en polluant à l'arrivée au niveau de la nappe par rapport à la concentration initiale C_p de l'eau polluante) et le degré de recharge R'/R (rapport de la recharge efficace par rapport à la recharge potentielle) [2].

L'Objectifs de ce travail est d'évaluer et contrôler la qualité physico-chimique des eaux souterraines, pour protéger la santé de l'homme.

2 MILIEU D'ÉTUDE

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Sidi Allal Tazi est une ville du Maroc située dans la région de Gharb-Chrarda-Beni Hssen entre la zone côtière et oued Sebou nord-ouest du Maroc. Les coordonnées géographiques sont $34^{\circ}30'36''$ N et $6^{\circ}19'12''$ W en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 34.51 et -6.32 (en degrés décimaux).

2.2 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de Sidi Allal Tazi est chaud et tempéré. L'hiver à Sidi Allal Tazi se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Sidi Allal Tazi affiche une température annuelle moyenne de 19.2°C . Les précipitations annuelles moyennes sont de 570mm, Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 0 mm. En Décembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 114 mm. 26.7°C font du mois d'Aout le plus chaud de l'année, Janvier est le mois le plus froid de l'année et La température moyenne à cette période est de 12.4°C .

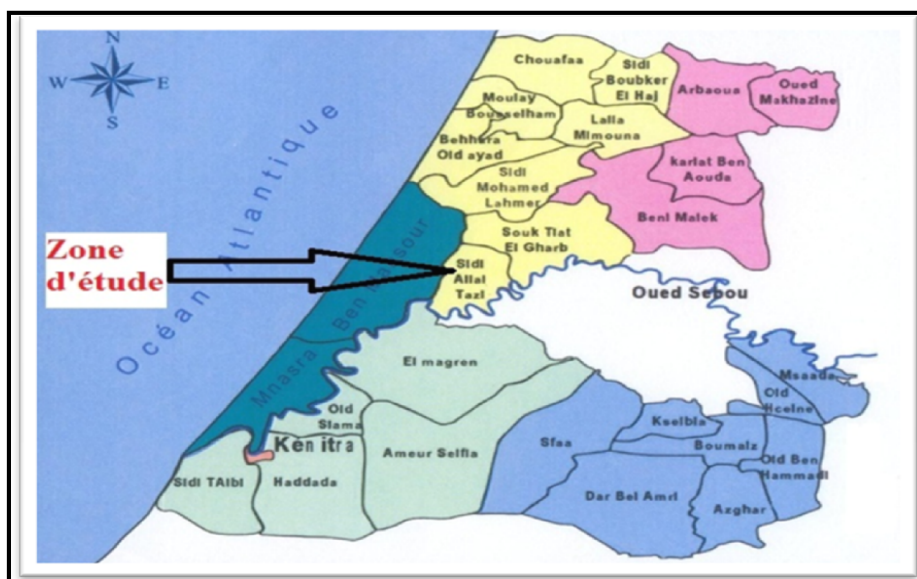


Fig. 1. Carte de zone d'étude (SIDI Allal Tazi-Gharb-Chrarda-Beni Hssen-Maroc)

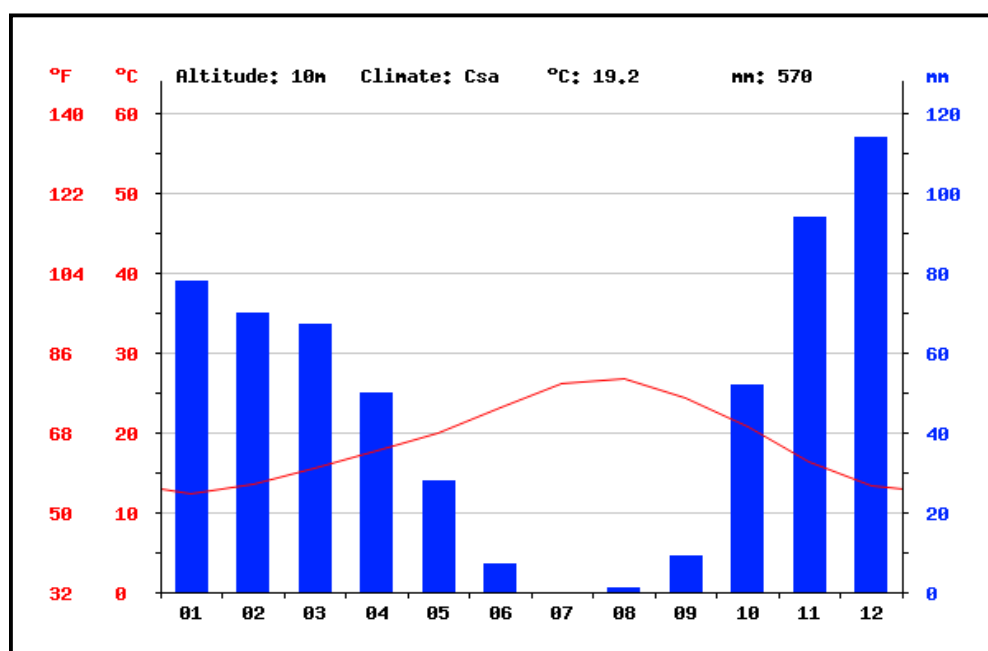


Fig. 2. Diagramme climatique de Sidi Allal Tazi

2.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

D'une manière générale, la structure hydrogéologique du système aquifère de la zone côtière du Gharb peut être présentée par la succession de deux couches différentes :

- ✓ Une couche superficielle grés-sableuse qui a une épaisseur comprise entre 5 et 10 m dans les dunes intérieures, et entre 20 et 30 m dans le cordon dunaire. Au sein de cette couche, on retrouve la nappe phréatique caractérisée par une faible profondeur au niveau des dunes intérieures (de 2 à 10 m), et une profondeur assez importante dans le cordon littoral (10 à 40 m).
- ✓ La seconde couche qui renferme la nappe profonde (> 50 m) est très épaisse par rapport à la première, et elle se constitue essentiellement de grès.

La communication hydraulique entre ces deux niveaux est réalisée à travers un écran argilo - sableux rouge, dont son épaisseur varie de 10 à 20 m [3].

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

On a prélevé 22 échantillons qui ont été pris de la région d'étude durant la période de juillet à août 2014 et mesuré 12 paramètres physico-chimiques et chimiques pour les échantillons prélevés. Ces paramètres sont : (pH), (CE), (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (Na^+), (K^+), (Cl^-), (SO_4^{2-}), (NH_4^+), (NO_3^-), (CO_3^{2-}) et (HCO_3^-). Toutes ces analyses sont effectuées dans le laboratoire d'ORMVAG-Kenitra, par des produits chimiques, des appareils comme les burettes digitales, Photomètre à flamme, Spectrophotomètre, Appareil de distillation d'azote, pH-mètre, Conductimètre, et d'autres matériels.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 1. Résultats d'analyse des eaux souterraines de la zone d'étude durant la période de juillet à août 2014

N° PUITS	pH	C.E. ms/cm	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	NH_4^+ mg/l	Cl^- mg/l	HCO_3^- mg/l	CO_3^{2-} mg/l	SO_4^{2-} mg/l	NO_3^- mg/l
P1	7,18	0,97	97,2	37,18	63,74	3,59	1,33	102,2	313,5	0	57	84,07
P2	7,29	1,24	169,2	17,74	79,68	6,38	1,4	156,9	307,4	0	95,76	129,9
P3	7,07	1,45	173,2	16,52	84,99	4,9	3,02	143,8	347,7	0	79,8	239,4
P4	7,4	0,95	135,2	6,804	58,43	3,99	1,44	86,98	234,2	0	170,4	115,4
P5	7,04	1,57	167,6	31,59	122,2	5,19	1,26	259,9	347,7	0	102,6	5,46
P6	6,99	5,11	300,8	42,04	717,1	6,58	12,82	1403	414,8	0	125,9	86,3
P7	6,95	1,4	89,2	34,51	149,9	4,19	10,26	178,2	284,3	0	148,2	199,1
P8	7,3	0,94	113,2	20,17	69,05	4,99	2,38	105,1	359,9	0	47,88	16,49
P9	7,27	3,49	124,8	45,19	597,6	7,58	2,27	1029	281,8	0	79,8	27,78
P10	7,25	1,09	130,4	17,25	90,3	4,99	2,05	178,9	206,2	0	102,6	28,15
P11	7,21	0,78	90,4	15,31	63,74	3,59	2,27	97,98	287,9	0	52,44	16,74
P12	7,26	1,34	163,6	10,69	119,5	5,59	1,04	209,5	286,7	0	148,2	9,42
P13	7,34	1,55	155,6	23,57	138,1	4,99	2,02	253,5	320,9	0	102,6	178,1
P14	6,99	1,8	144	29,4	199,2	4,59	1,58	320,9	403,8	0	84,36	22,94
P15	6,66	2,34	163,2	46,89	276,2	5,59	2,48	501,9	437,9	0	82,08	159,9
P16	7,2	8,87	184	293,3	1275	11,57	0,5	2167	772,3	0	661,2	122,6
P17	7,42	0,89	90,2	27,7	74,36	4,39	3,2	142,7	212,3	0	34,2	225,6
P18	7,08	0,86	101,2	9,48	68,7	3,99	2,34	131,4	246,4	0	43,32	104,4
P19	7,19	0,85	112,8	5,83	63,74	4,19	1,84	108,6	247,7	0	43,32	163,7
P20	6,66	2,67	234,8	38,39	260,3	4,99	1,62	479,3	502,6	0	118,6	220,7
P21	6,92	6,51	230,4	68,53	1115	4,79	2,84	1857	353,8	0	342	78,37
P22	7,02	3,55	196	83,84	424,9	7,18	2,41	723,5	793	0	47,88	156,6

Le tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques moyennes des eaux étudiées.

4.1 LE pH

Le pH de l'eau est la mesure de la concentration en ions hydrogènes [H^+] contenus dans l'eau. Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé [4]. Il est sensible à la température, la salinité, et aux gaz dissous dans l'eau (O_2 , CO_2 , SO_2 , NO , ...). Le pH est corrigé selon le cas par élimination du CO_2 dissous en excès ou par correction de la dureté carbonatée [5]. Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, les valeurs optimales du pH est compris entre 6,5 et 9,5.

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 6,7, un maximum de 7,4 et une moyenne de 7,12. On observe que tous les puits respectent les normes de l'OMS. Alors selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

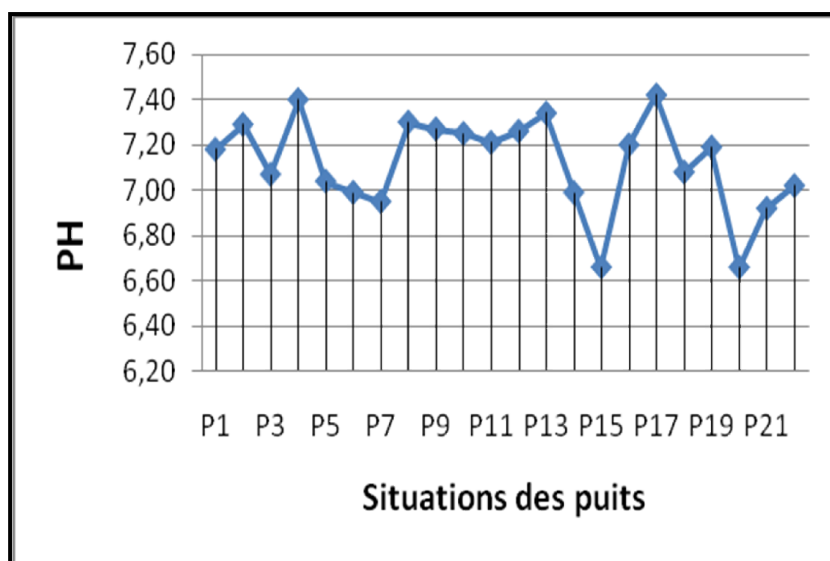


Fig. 3. Variation spatiale des valeurs moyennes de pH

4.2 LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE (CE)

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique (capacité de l'eau à permettre le passage d'un courant électrique). La conductivité électrique de l'eau est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- ,) qui sont formées par la solution des sels minéraux dans l'eau. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau [6]. La valeur maximale recommandée pour La conductivité électrique par l'OMS est de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On note que Les valeurs de La conductivité électrique enregistrées sont variables de 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 8870 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats montrent que les conductivités enregistrées sont assez fortes, bien que 68,2% des puits présentent une conductivité électrique inférieure aux normes OMS. Ce qui correspond à une forte minéralisation de ces eaux.

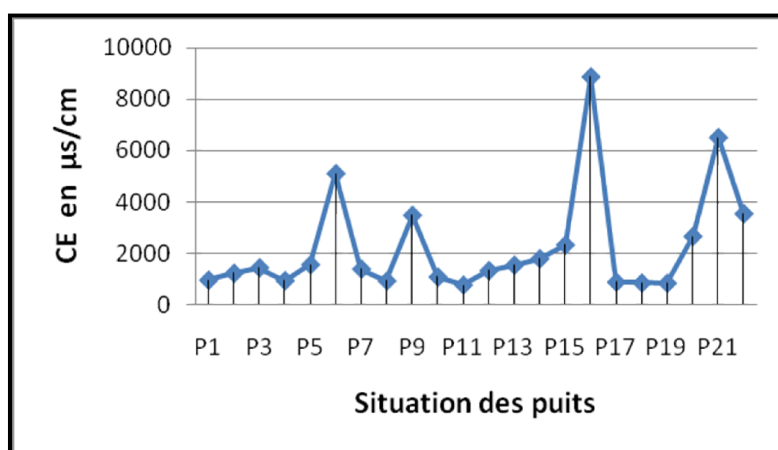


Fig. 4. Variation spatiale des valeurs moyennes de Conductivité électrique

4.3 NITRATES (NO_3^-) ET AMMONIUM (NH_4^+)

L'azote peut exister dans les sources hydriques sous forme libre (N_2) dissous dans l'eau ou sous forme ionisée (azote minéral) telle que Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+) ainsi que sous forme organique (protéine, acides aminés, urée,... etc.

Les différentes formes de l'azote sont en perpétuelle évolution, elles passent de l'une à l'autre par des processus physico-chimique, et surtout biochimique [7]. Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol et par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels [8]. Les nitrates sont répertoriés parmi les principales catégories de polluants chimiques rencontrés dans l'eau. Leur présence excessive dans le sol peut contaminer les différentes sources d'eau et soulever des préoccupations pour la santé de l'homme et de l'animal. En effet, les nitrates sont des polluants facilement lixiviables et atteignent la nappe aquifère sans subir des modifications [9].

Ils sont des sels très solubles qui sont facilement entraînés en profondeur par les eaux d'infiltration, leur origine est principalement agricole, la pollution engendrée est diffuse et est le résultat d'un excès de matières organiques végétales en décomposition sur et dans le sol après la récolte, après un déboisement, un épandage d'engrais azotés en quantité supérieure aux besoins des plantes cultivées: engrais chimiques (nitrates de potasse, scories, ...) et engrais organiques (fumier, lisier, boues de stations d'épuration...). L'origine domestique et industrielle est secondaire; la pollution engendrée est plus ponctuelle (assainissement défectueux par exemple) [10]. Les nitrates peuvent provenir d'une oxydation des matières organiques azotées, ils peuvent également être liés à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac :



L'ammoniac provient principalement de la dégradation des matières organiques azotées, il peut s'infiltrer avec l'eau dans les sols vers les nappes.

Dans les eaux souterraines, l'ammonium peut être lié à la réduction des nitrates (en association avec le fer) :



Il peut aussi être d'origine agricole, urbaine ou industrielle.

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines provient d'une contamination de surface à partir d'effluents ou d'un phénomène de réduction des nitrates fréquent dans les nappes captives et nous donne un indice sur la pollution organique. Elle peut également donner un indice sur une éventuelle pollution microbiologique [10].

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée est de 50 mg/l pour les nitrates et de 0,5 mg/l pour l'ammonium.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes OMS, ce qui indique la présence d'une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels.

Donc, l'eau de la nappe de cette région n'est plus potable et nécessite un traitement de potabilisation.

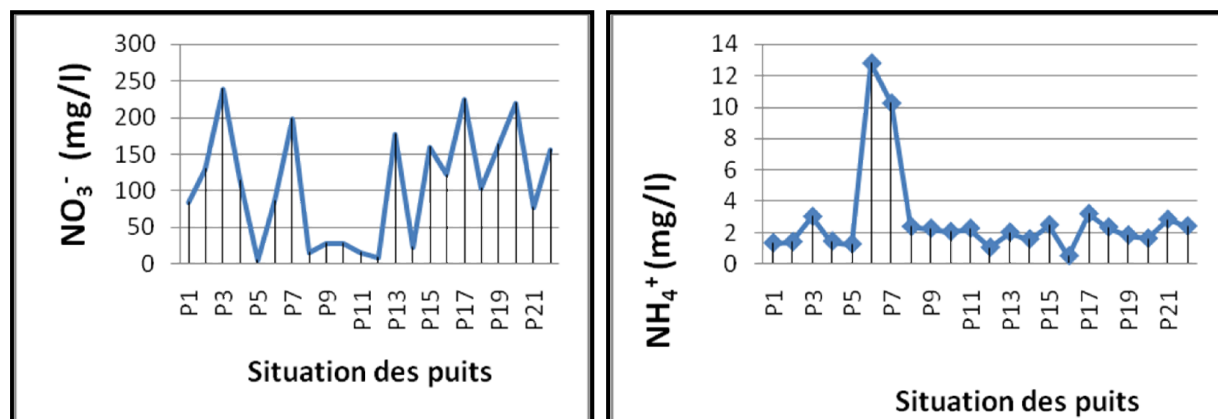


Fig. 5. Variation spatiale des concentrations moyennes en Nitrates et en ammonium

4.4 SULFATES (SO_4^{2-})

Les sulfates sont présents à l'état naturel dans l'eau. Ils sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium. Le sulfate de calcium est la forme la plus retrouvée dans les eaux souterraines et les concentrations les plus élevées sont généralement d'origine naturelle.

On peut évoquer certaines hypothèses pouvant expliquer la variation des sulfates qui proviennent fondamentalement de, la dissolution des sels évaporitiques (gypse, anhydrite, etc.), l'origine marine du terrain (calcaires et dolomies marins), l'oxydation des sulfures des roches ignée, métamorphiques ou sédimentaires et les activités agricoles [11]. Toutefois, leur présence dans les eaux peut aussi provenir des apports agricoles et des rejets industriels ou domestiques.

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse (sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)).

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate [6].

Selon les normes OMS-2006, relatives à la potabilité des eaux, la teneur en sulfates des eaux potables ne doit pas dépasser la concentration de 500 mg/L.

D'après les résultats obtenus, les teneurs en sulfates varient de 34,2 mg/l à 661,2 mg/l avec une moyenne de 125,9 mg/L. Selon cette étude, 95,5% des puits de la région d'étude se conforment aux normes OMS.

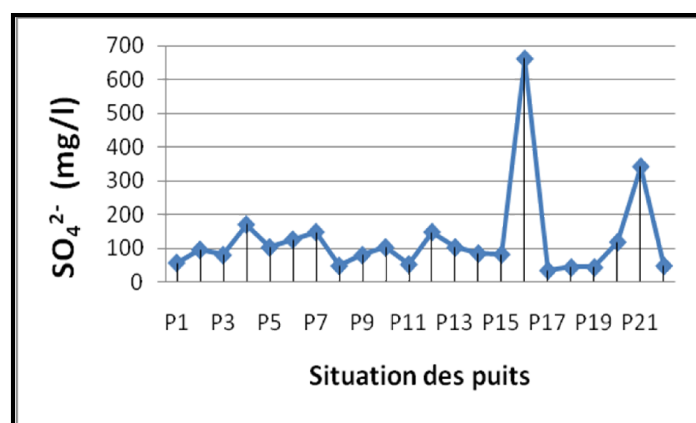


Fig. 6. Variation spatiale des concentrations moyennes en sulfates

4.5 CHLORURES (Cl^-) ET SODIUM (Na^+)

Le chlorure est présent à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel, la concentration des chlorures dans l'eau dépend de l'origine de l'eau, du terrain traversé et de la composition chimique des sols et des roches qui sont contacts avec les sources en eau.

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives [12], La présence de sodium dans l'eau souterraine est un phénomène normal. Cependant, des éléments tels que le sel de voirie, les adoucisseurs d'eau, les dépôts de sel naturels souterrains, la pollution des fosses septiques, la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, ainsi que l'intrusion d'eau salée due à la proximité de l'océan et des rejets industriels et domestiques sont souvent la cause de son niveau élevé dans les sources en eau potable. La quantité de sodium nécessaire est inférieure à 200 mg/j pour l'enfant et à 2000 mg/j pour l'adulte [13].

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée est de 250 mg/l pour le chlorure et de 200 mg/l pour le sodium.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en Chlorures dans 41% des puits et en Sodium dans 31,8% des puits sont plus élevées que les normes OMS, Ce qui indique à la présence d'une forte minéralisation des eaux de la nappe de région d'étude.

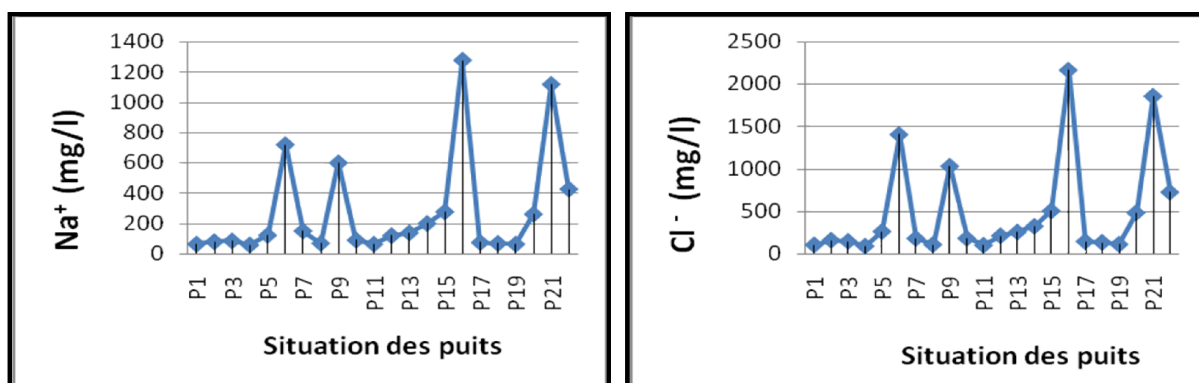


Fig. 7. Variation spatiale des concentrations moyennes en chlorures et en sodium

4.6 POTASSIUM (K⁺)

Les teneurs en potassium des eaux peuvent provenir d'altération météorique et d'érosion des minéraux contenant du potassium comme le feldspath, lessivage des sols contenant des engrais, eau de mer (dans les régions où il peut avoir invasion d'eau salée). Les adoucisseurs d'eau à base de chlorure de potassium représentent la source la plus fréquente de potassium dans l'eau potable.

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée pour le potassium est de 12 mg/l.

D'après les résultats obtenus, les teneurs en potassium sont de l'ordre de 3,6 mg/l à 11,6 mg/l, avec une moyenne de 5,4 mg/l. Alors, au niveau de la région d'étude, les teneurs en potassium des eaux souterraines respecte les normes d'OMS.

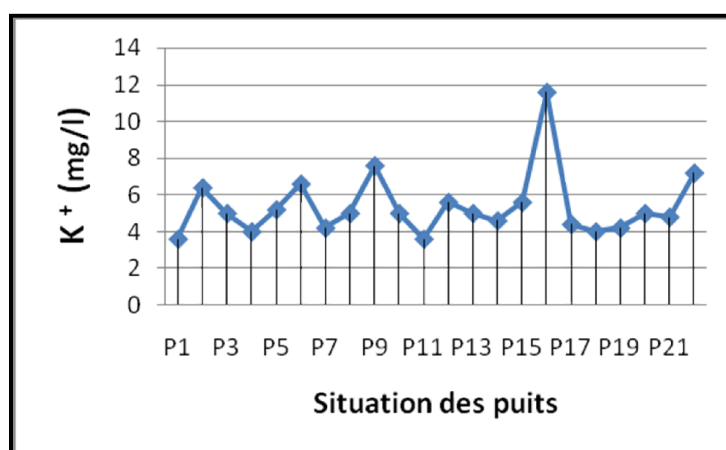


Fig. 8. Variation spatiale des concentrations moyennes en potassium

4.7 CALCIUM (Ca²⁺) ET MAGNÉSIUM (Mg²⁺)

Ces deux éléments sont présents dans toutes les eaux naturelles. En ce qui concerne l'eau souterraine, la source la plus fréquente de calcium et de magnésium est l'érosion des roches, comme le calcaire et la dolomite, et des minéraux, comme la calcite et la magnésite, la calcite (CaCO₃), la dolomie (CaMgCO₃), la magnésie (MgCO₃), le gypse (CaSO₄), l'apatite (Ca₅(PO₄)₃) ou la fluorine (CaF).

Les variations des concentrations des eaux en calcium et en magnésium résulteraient du fait que le calcium provient essentiellement de la dissolution des dolomies par les eaux météoriques, la concentration en calcium peut subir à l'inverse de celle du magnésium, dérivant en plus de l'érosion des sols et des altérités et demeurant en solution dans l'eau [11]. Le calcium et le magnésium sont très présents dans les eaux dures et peuvent donc avoir des effets négatifs sur la qualité de l'eau potable.

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, les concentrations optimales en calcium se situent entre 70 et 200 mg/l et les concentrations optimales en magnésium se situent entre 50 et 150 mg/l.

Les résultats obtenus montrent ns en Calcium dans 86,4% des puits et en Magnésium dans 95,5% des puits répondent aux normes OMS de potabilité des eaux.

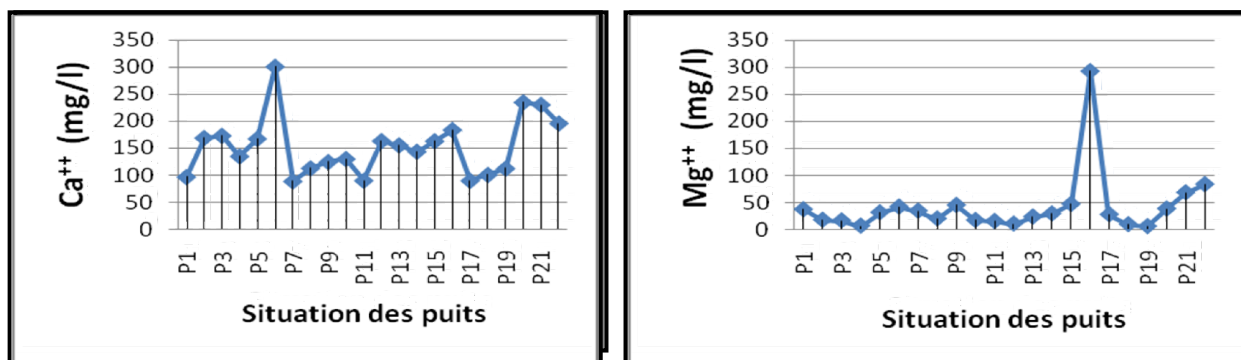


Fig. 9. Variation spatiale des concentrations moyennes en calcium et en magnésium

4.8 BICARBONATES (HCO₃⁻)

La plupart de teneur en bicarbonates des eaux naturelles provient de la dissolution de gaz carbonique (CO₂) dans l'eau. Ils proviennent également de la dissolution des carbonates de calcium ou de magnésium en présence de gaz carbonique dans l'eau.

La concentration maximale recommandée par l'OMS pour les bicarbonates dans l'eau potable est de 400 mg/l, selon cette étude, On observe que 81,8% des puits se conforment à la directive d'OMS, 13,6% de ceux-ci sont proches de ces normes et 4,6% ont des concentrations élevées en bicarbonates. Alors, en générale, selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est acceptable à la consommation humaine.

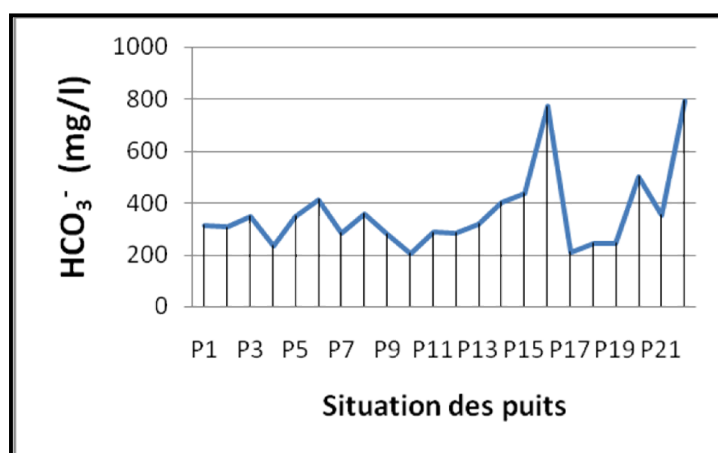


Fig. 10. Variation spatiale des concentrations moyennes en bicarbonate

5 CONCLUSION

Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui cause la dégradation de la qualité de l'eau. Les polluants superficiels peuvent infiltrer à travers le sol vers les nappes. Le danger de la pollution dépend des types et des concentrations des polluants. On a évalué la qualité physico-chimique des eaux souterraines de 22 puits de la région SIDI ALLAL TAZI- Gharb-Maroc tout en effectuant les analyses des 12 paramètres physico-chimiques et chimiques dans laboratoire d'ORMVAG-Kenitra. Ces paramètres sont: (pH), (CE), (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (Na^+), (K^+), (Cl^-), (SO_4^{2-}), (NH_4^+), (NO_3^-), (CO_3^{2-}) et (HCO_3^-).

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes OMS, Ce qui indique à la présence une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels. Ansaï que la conductivité électrique dans 31,8% des puits et les concentrations en chlorure dans 41% des puits et en sodium dans 31,8% de ceux-ci sont assez élevées, Ce qui correspond à une forte minéralisation qui résulte généralement de la nature des terrains traversés ou de la pollution industrielles ou domestiques.

Les résultats des autres paramètres analysés se conforment à la directive d'OMS. Alors, en générale, la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région d'étude est relativement moyenne.

RÉFÉRENCES

- [1] A. EL ABIDI, M. FEKHAOU et B. BENAKHTA., "Évaluation du risque lié la contamination des nappes phréatiques Marocaines par les pesticides Organochlorés," 2011.
- [2] M. Amharref, S. Aassine, A.S. Bernoussi et B.Y. Haddouchi "La vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb (Maroc)," *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 20, n° 2, pp. 185-199, 2007.
- [3] A. Hammani et H. Yechi: Caractérisation des pompages des eaux souterraines et étude de leurs performances techniques dans la zone côtière du Gharb, 2009.
- [4] B. DUSSART: Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed., Paris, 1966.
- [5] J. Beauchamp: Qualité et pollution des eaux souterraines, 2006.
- [6] HCEFLCD: Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p, 2006.
- [7] M.L. BELGHITI, A. CHAHLAOUI, D. BENGOUIMI et R. EL MOUSTAINE., Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknès (Maroc)," *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, vol. n°14, pp. 21-36, Juin2013,.
- [8] H. SAMAKE : Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, pp. 77, 2002.
- [9] I. IDRISI ALAMI, M. ZERAOULI, M. ADDOU, A. MOKHTARI et A. SOULAYMANI, 2007 :Évaluation 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.3, n°3, pp.378 – 390, 2007 .
- [10] N. Baran, Ph. Negrel, E. Malcuit, B. Vittecoq : Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2005 : résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux (2004) et 1ère campagne de saison des pluies (2004). BRGM/RP-54717-FR , pp. 101, 2006.
- [11] M. Ben Abbou, F. Fadil, M. El Haji, M. Zemzami "IMPACT ANTHROPIQUE SUR LA QUALITEDES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN VERSANT DEL'OUED TAZA(MAROC)," *European Scientific Journal* February 2014 édition vol.10, n°.5 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 2014.
- [12] A.TARIK : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, pp. 183, 2005.
- [13] J. RODIER: L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer, 6ème édition, 1978.

The elderly color's preferences to be used in designing Printed Upholstery Fabrics

Sohair Mahmoud Othman, Rania Elsayed Elaraby Elmasry, and Shaimaa Abd El Aziz Shaker

Textile Printing, Dyeing and Finishing Department, Helwan University,
Faculty of Applied Arts, Cairo, Egypt

Copyright © 2015 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 elderly passes through many physical and physiological changes which necessarily reflected on the psychological and social features in him. The psychological status in the elderly is a result of a number of factors, each one of them affect positively or negatively on the psyche of the elderly. It is therefore not a typical case of all people, but each one of them has his own case according to the influence of different factors and the extent of his influence. These psychological changes at this stage necessarily require aesthetic formulation of the surrounding environment in order to achieve psychological comfort and calm.

And from this came the research idea of preparing the elderly surrounding environment through designing printed fabrics for furnishing the rooms to suit this stage taste and give the sense of psychological comfort and calm on the elderly. The researcher did this through displaying opinion poll on a sample of elderly people (male and female) to know the preferred color groups to the elderly which raised the feelings of each color group. The recent studies proved that color considered as one of the important design elements. It affects the human when he sees it because of the reflected colors .It gives the elderly the sense of tranquility and comfort or sadness and depression.

It has been recording their color preferences and use them in designing suitable designs for every type of textiles (Curtain-furnishing) by using sample geometrical shapes which inspired from some paintings of modern art. So this study considered as an attempt to compensate for the decline in the mental status resulting from the decline in the physical condition of the elderly and his inability to movement as in the past. Therefore he/she would have to stay at home for long periods and especially in the bedrooms or living rooms, through changing the surrounding environment of the elderly through creating designs suitable for print upholstery fabrics for the elderly rooms according to their preferences of color that rise the positive senses in them.

KEYWORDS: The Elderly, The Psychology of Color, Printed upholstery fabrics.

1 INTRODUCTION

1.1 RESEARCH IMPORTANCE

It is important to well study the elderly psychological needs because of the decline in physical and mental ability that happened to them at this age. Hence came the importance of the research to identify the color preferences of the elderly and the emotions raised by each color group separately. Then design printed upholstery fabrics bearing the essence of the elderly according to their preferences and choices. This is to prepare the surrounding atmosphere for the elderly, which should provide a measure of calm, tranquility and peace of mind and prevent the feeling of depression.

1.2 RESEARCH PROBLEM

Different senses organs are heavily affected by advance in age. Therefore, it is rather expected that psychological changes may follow to accompany this lessened abilities. The present study is an attempt to compensate for the reduced aptitudes and changed attitude accommodating the surrounding environment of the elderly, by creating designs suitable to be printed

on the upholstery fabrics of the elderly rooms according to their color preferences. The research question can be stated as "Is it possible doable to provide the elderly people with upholstery designs that match their preferences and choices?"

1.3 RESEARCH SIGNIFICANCE

Provide new patterns of printed fabrics carrying the essence of the elderly people preferences, partialities and choices. Designs are predetermined to be suitable for any of the upholstery fabrics surrounding elements in a standard elderly accommodation. This should provide maintain calmness, tranquility, peace of mind and stops the feeling of depression. Previous studies in the field have paid no attention to examine this elderly accommodation specific area.

1.4 RESEARCH OBJECTIVES

The research aims to identify the colors meanings and its psychological effects on individuals. It also aims to design printed upholstery fabrics for the elderly rooms. These designs had designed according to the elderly males and females' color preferences.

To achieve that the researchers had to recognize the colors preferred by the elderly for room upholstery's fabrics to achieve peace of mind, active and happiness and stop the negative feelings.

1.5 RESEARCH HYPOTHESIS

Research supposed that:

- The artistic study of the psychology of color will clarify the meanings and psychological effects of colors on the elderly males and females.
- Upholstery printing designs can be acknowledged by employing elderly color preferences and choices. This is based on the assumption that acknowledging the color preferences for the elderly in a specific age may help presenting solutions for some psychological problems that are related to this category.

1.6 RESEARCH LIMITS

The spatial limit: Arab republic of Egypt.

The temporal limit: is represented in the elderly males and females that age vary from (55 to 80) years.

The objective limits: making use of the elderly people's color preferences in innovating designs that suitable for printing upholstery fabrics' designs which use in elderly people rooms.

1.7 RESEARCH METHODOLOGY

Experimental method: explains the innovated designs that concluded from the analytical studies.

Statistical method: explains the field study preparation in terms of determine the geographical and human field of the study, and concluding the statistical samples of the research.

Descriptive analytical method: approach through:

- Describing the statistical results of the research samples.
- Analyzing the designs that depended on the elderly people's color preferences.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

2.1 FIRSTLY: AGING CONCEPT

The researchers did not yet agree on a general definition of aging, because it is not a constant phenomenon that occurred in the latter stages of a person's life, but it is a period of the life stages in which the human reaches it after the age of sixty five, so it is a vital natural process affected by lifestyle, environmental factors, and genetics factors (Abo Awad, 728). Cowdary mentioned in his book person and aging that all of the organisms go through a changes series featuring with growth, improving, maturity, and eventually reach aging. From here aging defined as a group of defection complicated operations

that happened cumulatively through time appeared on different organism systems like changes in cells and tissues that can't be avoided (Per & Multer, 1992, 43). Sometimes the Researchers in the field of aging study use the aging concept and progress in age as they are synonymous, or give the same meaning.

Tamir defined aging as continuing operation and progressive where the knowledge system and cognitive and kinetic take on declining gradually, and he divided it into three related age groups:

- **Young- old stage:** It extends from the age of 55-65 years, people who belonging to that age group enjoy a good health, and they are often continuing to work.
- **Middle-old stage:** It extends from the age of 65-70 years, shows the group of retired people who have increasingly leisure. (Tamir, 1979 , 80)
- **Old-Old stage:** It extends from the age of 75 years and older, individuals here characterized by weak health and Infected. (Hooyman & Kiyak , 1991, 35)

2.1.1 THE CHARACTERISTICS OF AGING STAGE

There are characteristics for each life stages, scientists found in aging stage physical and psychological changes that distinguish it from other life stages, this period is satisfactory or frustrating depending on the ability of the elderly to adapt to these changes. The changes that happened to them determine the stage's features that are usually refer to retreat and deterioration, the deterioration is often comes because of physical or psychological reasons. Hooyman & Kiyak , 1991, 7)

The individual does not move directly to aging by reaching the age of sixty or sixty-fifth, because it is a gradually process and changes happened slowly on it (Almeligy, 1975, 65). Generally the most important characterize in this development that the humanity growth start to converted in the reverse direction, where the growth in previous stages is moving towards improvement and development and promotion in a slowly pace at the beginning then this rate is accelerating gradually until it reaches its maximum in very end of life stage (Abo Awad, 726).

In spite of the general deterioration experienced by all the physical, psychological and social aspects of the human being at this stage, however there is always the possibility of compensation for this deterioration. Decline in mental, physical and psychological abilities refers to benefit from the aging's previous experience, and the effort to improve the aging's surrounding environment to a positive feelings raises atmosphere like optimism, active, mentally alert, comfort and secure. And get far away from anything that raises feeling sad, depression, tension and nervousness. So we got the importance of this research on identifying the physical and psychological effects and then identifying the color preferences to elder and the one he/she wants to use on his bedroom and living room, this is to raise the positive feelings on the surrounding environment, because of the deterioration on elder's physical abilities makes him tends to stay at home what makes it the most effective environment to him.

2.2 SECONDLY: COLOR

Color is one of the most important elements in art. Besides the aesthetic beauty of color, proper use of color will significantly help convey messages as well as impress people. (Srisuthep, 2009, 3)

More recently, studies have shown that colors can affect us when we don't see them. Noted neuropsychologist Kurt Goldstein confirmed in his classic, *The Organism*, that a blindfolded person will experience physiological reactions under rays of different colors. In other words, the skin reads color, and our bodies, minds, and emotions respond. Attached to the human brain is the pineal gland, which controls the daily rhythms of life. When light enters through the eyes or skin, it travels along neurological pathways to this pineal gland. Different colors give off different wavelength frequencies, and these different frequencies have different effects on us. (Cerrato, 2012, 4) Therefore it is very important to study color and its psychological and physiological effects on human body.

2.2.1 COLOR CLASSIFICATION

In the time of Aristotle it was believed "all colors to be the product of a mixture of white and black". This belief continued until 1666 when Sir Isaac Newton, during an experiment with light and prisms, proved that light could be broken into a range of color. This range of color is what we call the visible spectrum. It was Newton who chose the seven hues: red, orange, yellow, green, blue, indigo and violet.

Building on what Newton taught us about light, it has since been discovered that light travels on waves at about 186.300 miles per second. These waves have length and vibration. At the red end they are longer at 700 nm compared to 400 nm at

the violet end. Due to this difference in length and vibration, infrared, which is below the red end of the spectrum, is felt as heat while the waves at the violet end are experienced as cooler. Thus we have our distinctions of "warm" and "cool" colors. (Meola, 2005, 41)

Warm colors: Warm colors are defined as being bold and energetic, although they psychologically are associated with happiness and comfort and produce warm, inviting cozy feelings. Warm colors include: Red, Orange, Yellow, yellow-Green, as shown in figure no(1). (Black, 2002,17)

This characteristic has both positive and negative effects because while using them can make something stand out, too much of them can be overwhelming in a sense that it drowns out the other colors. The warm colors cause an increase in heart rate, respiration, and blood pressure because it has a stimulating effect on the nervous system. Due to the size of its wavelength, Red is the warmest color and has the strongest effects on the human mind. It increases enthusiasm, encourages action, and is often associated with desire. The color orange shares some of the same characteristics as red but without the intensity. (Allen, 2007, 5-6)

Cool colors: The Green, Blue, Indigo, and Violet hues from visible range of color are considered to be the cool colors, as shown in figure no(1). They have the opposite effect of warm colors and lower the heart rate, respiration, and blood pressure because they affect the parasympathetic branch of the nervous system. (Allen, 2007, 7) Cool colors make designs appear slick and professional but their coolness tends to turn people off due to their calming effect on the psychology. (Black, 2002,17)

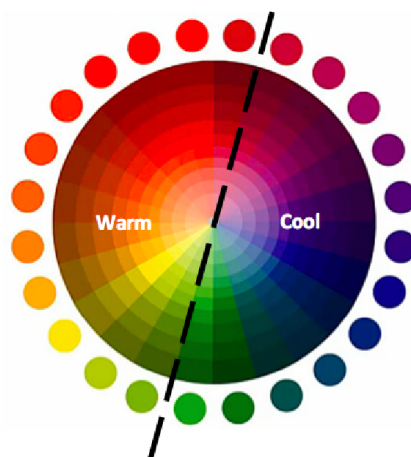


Fig (1) Warm and cool colors

Neutral colors: Some colors are referred to as being neutral. No color however is really neutral. Black, White and Gray are all considered neutral colors. (Black, 2002,17)

2.2.2 PREVIOUS STUDIES ABOUT COLOR PSYCHOLOGY

In 1982, a study at New Mexico State University was done on 337 children from grades four to six. "In the regular classroom setting they were asked to respond to a simple questionnaire that included 12 questions all worded in the same style; e.g., (What color does *hope* make you think of?) The subsequent questions replaced the word *hope* by the following in sequence: *anger, sadness, honesty, fear, happiness, pain, love, death, strength, school, and life.*" The results showed that, "When all 12 concepts were combined, red was the color most often named(16.4%), followed closely by black (15.1%), blue (14.4%), and white (9.1%), these four colors seeming to carry the most symbolic meaning for children" (Byrnes, 1983, 247-250). This study also points out the fact that the children's associations of the colors did not differ much from adults, indicating that children pick up early on cultural associations. (Meola, 2005, 42)

In a study done in December of 1999, Nancy J. Stone and Anthony J. English tested the effects of color in the work place and it's correlation to performance. What they found was "....a red office is more stimulation and may cause vigor, anger or tension..." However it was found to increase performance. It was found that blue in an office may ".... Cause greater depression, as well as sadness, fatigue or relaxation..." and that ".... workers in white offices complained of more head aches and instances of nausea". (Meola, 2005, 43)

2.2.3 THE PSYCHOLOGICAL MEANING OF INDIVIDUAL COLORS

Color psychology is the study of hues as a determinant of human behavior, because studies have been proven that color influences perceptions that are not obvious. ([https://en.wikipedia.org/ Color_psychology](https://en.wikipedia.org/Color_psychology)) And historically, for centuries Hindus practicing Yoga have associated color with power centers, known as chakras, in bodies. From the base of the spine to the crown of the head, these centers correlate to the spectrum .Red, at the base (survival); orange at the sacrum (creativity); yellow, at the solar plexus (joy); green, at the heart (harmony); blue, at the throat (communication); indigo, at the forehead (intuition) and violet, at the crown (enlightenment). (Meola, 2005, 43)

Therefore color selection is a very important element that affects people emotionally and mentally on a subconscious level. Color has a long association with symbolism and affects people psychologically. (Srisuthep, 2009, 17)

Red: Being the longest wavelength of the spectrum colors, red is a powerful color. (<http://www.colour-affects.co.uk/>,2015) It reflects energy and motivate an individual to take action. It can stimulate people to make a quick decisions and increase expectations creating a high arousal threshold. People who like red are generally exciting, stimulating people to be with. They tend to stay on top of things with a passion and for life. (Black, 2002,25- 26) In color psychology red means energy, passion, action, strength and excitement. Red stimulates the physical senses such as the appetite, lust and sexual passion. Although it is often used to express love, it really relates more to sexual passion and lust pink relates more to romantic love than red. Physiologically, red stimulates and energizes the physical body, including the nerves and the circulation of blood, raising blood pressure and heart rate. It is stimulating to the appetite and therefore a great color to use for any product associated with food and its service, including restaurants and take-away businesses. (Cerrato, 2012, 4)

Orange: A combination of red, which commands action, and yellow that adds happiness makes this a pleasant warm color. (Gage, 1999, 26) It represents enthusiasm, fascination, happiness, creativity, determination, attraction, success, encouragement, and stimulation. (Cerrato, 2012, 6) Lovers of this color work and play hard, like people are adventurous and enthusiastic. They have unique ideas, always looking for new things to conquer with a strong streak of determination and are more agreeable than aggressive. (Black, 2002, 28) To the human eyes, orange is seen as a very hot color, so it gives the sensation of heat. Physiologically, orange increases oxygen supply to the brain, produces an invigorating effect, and stimulates mental activity. Therefore it is highly accepted among young people. Physiologically, orange vitalizes, inspires and creates enthusiasm. It is stimulating to the appetite and social conversation. Psychologically, orange gives the impression of affordability, depending on the shade chosen and its combination with other colors. (Cerrato, 2012, 6)

Yellow: Pure yellow produces sensations of brightness and warmth. (Gage, 1999, 29) It's associated with joy, happiness, intellect, and energy. A person surrounded by yellow feels optimistic because the brain actually releases more serotonin (feel good chemical in the brain) when around this color. It is the color associated with optimism. (Cerrato, 2012, 6) Psychologically yellow stimulates the logical side of the brain and mental clarity. It promotes wisdom and academic proficiency. It inspires original thinking and creative ideas. Physiologically, yellow stimulates the mind and mental activity. It increases the analytical processes and our logical reasoning, helping with decision-making. (Cerrato, 2012, 7) The people who like yellow usually have sunny personalities and are concerned about society and nature. (Black, 2002, 29)

Green: Green is a combination of blue and yellow . The blue qualities represent peace and tranquility, while yellow brings happiness and light-hearted feelings to this color. The green colors communicate peace and growth and are considered fresh, clean and revitalizing and speak of ecology and nature. Green brings feelings of hope and thoughts turns to new beginnings and renewals of life. (Black, 2002, 29- 30) Being in the center of the spectrum, psychologically green relates to balance and harmony of the mind, the body and the emotions. (<http://www.colour-affects.co.uk/>,2015) It assists in decision making by helping us to see all sides clearly. Physiologically, green balances people's emotions, creating a sense of calm and in additions it motivates people to join social groups and satisfies their need to belong. (Cerrato, 2012, 8) People who like green are usually balanced and stable individuals, they have high moral values and tend to do the right thing. (Black, 2002, 30)

Blue: Blue is the most universally favored color of all and therefore the safest to use. Blue is the color of the sky and the sea therefore it is one of the most calming colors and often associated with tranquility and calmness and evokes peaceful feelings. It is regarded as therapeutic to the mind and body. People who like blue are sensitive to the needs of others and form strong attachment. They are generally conservative, even-tempered and reliable. (Black, 2002, 32) Physiologically, blue is calming, reducing tension and fear. Because seeing the color blue slows the pulse rate, and causes the body to produce chemicals that are calming; but that isn't true of all shades of blue. Some shades (or too much blue) can send a cold and uncaring message. Many bedrooms are blue because it's calm, restful color, and people tend to be more productive in a blue room because they are calm and focused on the task at hand. (Cerrato, 2012, 10)

Violet : The shortest wavelength is violet, often described as purple. And it is considered as a bridge between warm and cool colors being a combination of red and blue, (<http://www.colour-affects.co.uk/>,2015) it is considered a spiritual color. Purple people can be secretive, so that even when they seem to confide freely, their closest friends never completely understand them. People who are attracted to purple are people who have an aura of mystery and intrigue. Purple is often the preferred color by artists, unconventional people and people who like to consider themselves different from the common herd. (Black, 2002, 32) Physiologically, purple heightens people's sense of beauty and their reaction to more creative ideas. So academic institutions often use medium shades of purple or violet as they inspire intellectual thought and achievement. (Cerrato, 2012, 12-13)

Black: is a mysterious color associated with fear and the unknown power. It also denotes strength and authority; it is considered to be a very formal, elegant, and prestigious color. But for some people black is the symbol of grief, death, evil, sadness and depression. (Cerrato, 2012, 14) People who like black may be conventional, conservative and serious, or they may think of themselves as sophisticated, or as very dignified. (Black, 2002, 33) Psychologically black means authority, power and control. In many situations it can be intimidating, unfriendly and unapproachable. Alternatively, it can be seen as sophisticated, dignified and serious. Physiologically, black is intimidating and controlling, although its power can instill confidence in some. (Cerrato, 2012,15)

White: Symbolizes purity and innocence, evokes a sense of spaciousness and clarity. (www.dirigodev.com, 2015) People who prefer white tend to be neat and immaculate in their clothing and homes. White can signify a self-sufficient person and occasionally the innocence of recall of youth and the simplistic way of life. White is sometimes seen as being a very sterile color being psychologically associated with hospitals, nurse's uniforms, and doctors. (Black, 2002, 34) Physiologically, white is calming as it creates simplicity, organization and efficiency out of chaos. It clears the way forward. (Cerrato, 2012,14)

Gray: Gray is combination of black and white and is the most neutral of all the shades. Gray can signify psychologically gloominess, sadness, ashes and the dust. (Black, 2002, 34) In addition physiologically, gray lacks individuals energy, be depressing, depending on how much lightness and white is in the gray. Dark gray is more depressing than light gray. So it needs to be combined with other colors to give it passion, energy and life. (Cerrato, 2012,16) People who like gray tend to be neutral about life. They like to protect themselves from the hectic world in a blanket of noncommitment preferring a secure, safe and balanced existence. They work hard and are the "middle of the road" type of individual. They are practical and calm and do not like to attract too much attention. (Black, 2002, 34)

3 ANALYTICAL STUDY

3.1 PROCEDURES TO DESIGN PRINTED UPHOLSTERY FABRICS OF ELDERLY ROOMS

The different sensory organs affected severely by the progress in age, it was also expected that the psychological changes reduced a number of the physiological abilities of the elderly. The current study seeks to discover the opinion of the elderly to know about their color preferences for printed upholstery fabrics for both of the bedrooms and the living rooms and that to try to compensate for this decline through the change in the environmental surrounding of the elderly. To achieve the objectives and hypotheses of the research and make sure of its assumptions, the researcher made questionnaire on a selected sample of elderly people to explore their opinion and their preferences design. The procedure of the strategy of making design divided into two-stages:

First stage: Previous study through a questionnaire records the preferences color to the sample members from the elderly to the different color groups nuances and different feelings resultant from it (warm colors - cool colors - neutral colors) and then statistically analyzed to reach the favorite color groups for them in the designs suitable for every different style type of upholstery fabrics (furnishing and curtains) for both bedrooms and living rooms.

Second stage: Post study works to innovate appropriate designs for printed upholstery fabrics for bedrooms and living rooms based on color groups favored by the elderly to contribute in the achievement of calm and comfort. Then display post questionnaire to the designs on the sample members and measure their opinions and their preferences. The study in this way has shown that the elderly preferences and sensory abilities are essential factor that should be dealt with in an integrated strategy to the design to fully respond to elderly needs.

3.1.1 THE SAMPLE

The study sample consisted of a group of elderly people (160 elderly) in the age group ranging from 55 to 80 years. They have been divided into two groups: male sample (no. = 80) and female sample (no. = 80). Table (1) shows the characteristics of the study sample:

Table (1) Represents the study sample characteristics

Statement \ Sample	Males (N=80)	Females (N=80)
Age	55-72	60-80
Average	61.87	66.94
Educational level		
Low (reads and writes)	4%	7%
Average (basic education)	14%	15%
High (university education)	82%	78%

It is clear from Table (1) that the average age in the male sample (61.78 year), and the female sample (66.94 year), while the highest percentage in terms of education is university education by 82% in the sample of elderly male, and 78% have sample of elderly females and this had a positive impact in terms of accepting and understanding the questionnaire and the ability to answer the questions

3.1.2 STUDY TOOLS

This study is based on questionnaires to measure the preferences colors and designs of the elderly. The plan of preparing the appropriate standards of the study began at two levels:

3.1.2.1 PREVIOUS STUDY

Previous questionnaire to measure the elderly opinion about the more favorable color groups to them in terms of feeling comfortable and vital activity, happiness and optimism..... etc. This is to make designs suitable for printed upholstery fabrics for living and bedrooms for the elderly. A questionnaires had been prepared includes three color groups (warm - cool - neutral). The questionnaire questions have two axes containing seven points:

First: Does this color group make you feel with?

- Comfort and tranquility.
- Vitality and activity.
- Happiness and optimism.
- Tension and nervousness.
- Sadness and depression.

Second: This color group is more suitable such as upholstery fabrics for:

- Living room.
- Bedroom.

3.1.2.2 POST STUDY

Post questionnaire to measure the suitability of inspired designs from the elderly color preferences to print bedrooms and living upholstery fabrics. A questionnaire had been prepared includes a number of seven designs (furnishings, curtains) and that to identify the most designs are preferred for the elderly in terms of achieving a sense of calm and psychological comfort. The Questionnaire questions are:

- The appropriate of design elements with age group of the elderly.
- The appropriate of units organization within the design.
- The color harmony in the design idea.

- The achievement of calm and comfortable feeling.
- The achievement of excitement and attract attention.
- The achievement of excellence and modernity.
- The appropriate of design idea to the suggested usage.

3.2 THE PREVIOUS STUDY RESULTS

The results of the questionnaire regarding the preference of colors of the elderly and the various sensations stemming out of them. The statically analysis tackled the results of the old men and women's opinions about the color collection separately, through reading, repetitions, percentages and SMA are shown, which gives each of them order by preference.

3.2.1 FIRST COLORIMETRIC GROUP

** The research results of old men's opinions in the first colorimetric group "warm colors like red, orange, and yellow".*

Table (2) Shows the repetition, SMA, and percentage of the old men's preferences to the first colorimetric group

The Axes	First colorimetric group								
<i>Does this color group make you feel with?</i>	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	21	26.25	26	32.50	33	41.25	155	64.58	4
Vitality and activity.	29	36.25	28	35.00	23	28.75	161	67.08	3
Happiness and optimism.	22	27.50	19	23.75	39	48.75	163	67.92	2
Tension and nervousness.	31	38.75	24	30.00	25	31.25	167	69.58	1
Sadness and depression.	18	22.50	41	51.25	21	26.25	137	57.08	5
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	28	35.00	19	23.75	33	41.25	169	70.42	1
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	19	23.75	24	30.00	37	46.25	155	64.58	2
Total	168		181		211		1107	65.89	

From the previous table, it is clear that:

- The first colorimetric group gives the feeling of tension and nervousness to 69.5% of elder men.
- There is a convergence between preference of first color group by the old men in terms of happiness and optimism by up to 67.98% and feeling of vitality and activity by up to 67.08%.
- There is a preference for light shades of the first color group that fit the bedrooms by up to 70.42%.

** The research results of old women's opinions in the first color group "warm colors like red, yellow, and orange".*

Table (3) Shows the repetition, SMA, and percentage of the old women's preferences to the first colorimetric group

The Axes	First colorimetric group								
Does this color group make you feel with?	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	28	35.00	16	20.00	36	45.00	172	71.67	2
Vitality and activity.	29	36.25	24	30.00	27	33.75	165	68.75	3
Happiness and optimism.	62	77.50	7	8.75	11	13.75	215	89.58	1
Tension and nervousness.	30	37.50	25	31.25	25	31.25	165	68.75	3
Sadness and depression.	21	26.25	33	41.25	26	32.50	148	61.67	4
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	32	40.00	29	36.25	27	33.75	179	67.80	2
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	29	36.25	24	30.00	27	33.75	165	68.75	1
Total	231		158		179		1209	71.00	

From the previous table, the research finds that:

- The first color group gives the feeling of happiness and optimism to 89.58% of old women.
- There is a tie in preference of first color group by old women in terms of vitality and activity, and a sense of tension and nervousness by up to 68.75%.
- There is a preference for light shades of the first color group to fit living rooms by up to 68.75%.

* It is shown in the table no. (2, 3) presence of difference between both samples in preferring the first colorimetric group concerning:

- The fact that it sends the feeling of tension and nervousness to the old men's opinion average, while it sends the feeling of happiness and optimism to the old women's opinion average.
- Preference of light shades of the first color group to fit bedrooms by the average of the old men's opinions, while it's preferable to fit living rooms to the old women's opinions, there are variety of opinions among the rest of the variables.

3.2.2 SECOND COLORIMETRIC GROUP

** The research results of the old men's opinion about the second color group "the cool colors like green, blue, and violet"*

Table(4) Shows the repetition, SMA, and percentage of the old men's preferences to the second colorimetric group

The Axes	Second colorimetric group								
<i>Does this color group make you feel with?</i>	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	51	63.75	6	7.50	23	28.75	205	85.42	1
Vitality and activity.	19	23.75	16	20.00	45	56.25	163	67.92	3
Happiness and optimism.	29	36.25	11	13.75	40	50.00	178	74.17	2
Tension and nervousness.	12	15.00	27	33.75	41	51.25	145	60.42	4
Sadness and depression.	9	11.25	32	40.00	39	48.75	137	57.08	5
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	38	47.50	9	11.25	33	41.25	189	78.75	1
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	25	31.25	22	27.50	33	41.25	163	67.92	2
Total	183		123		254		991	68.10	

From the previous table, it is clear that:

- The second color group gives the feelings of relaxation and tranquility to 85.42% of older men, this percentage exceeds all the rest of the variables, followed by the feeling of happiness and optimism by up to 85.42%.
- There is a preference to the second color group to suit bedrooms which is up to 78.75%.

**The research results of old women's opinions in the second colorimetric group "cool colors like green, blue, and violet"*

Table (5) shows the repetition, SMA, and percentage of the old women's preferences to the second colorimetric group

The Axes	Second colorimetric group								
<i>Does this color group make you feel with?</i>	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	37	46.25	12	15.00	29	36.25	181	77.35	2
Vitality and activity.	22	27.50	23	28.75	35	43.75	159	66.25	3
Happiness and optimism.	52	65.00	9	11.25	19	23.75	203	84.58	1
Tension and nervousness.	15	18.75	27	33.75	38	47.50	148	61.67	4
Sadness and depression.	10	12.50	28	35.00	42	52.50	142	59.17	5
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	33	41.25	19	23.75	28	35.00	174	72.50	1
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	28	35.00	22	27.50	33	41.25	172	69.08	2
Total	177		144		224		1179	68.51	

From the previous table, it is clear that:

- The second colorimetric group gives 84.58% of old ladies the feeling of happiness and optimism, this percentage exceeds the rest of all the variables, followed by the feeling of relaxation and tranquility, which is up to 85.42%.
- There is a 72.5% of them prefer the second colorimetric group to suites bedrooms. This percentage ties and equals the percentage of older men.

3.2.3 THIRD COLORIMETRIC GROUP

** The research results of old men's opinions about the third colorimetric group "neutrals of black and shades of grey"*

Table (6) Shows the repetition, SMA, and percentage of the old men's preferences to the third colorimetric group

The Axes	Third colorimetric group								
Does this color group make you feel with?	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	19	23.75	30	37.50	31	38.75	149	62.08	3
Vitality and activity.	25	31.25	17	21.25	38	47.50	168	70.00	2
Happiness and optimism.	14	17.50	56	70.00	10	12.50	118	49.17	4
Tension and nervousness.	7	8.75	61	76.25	12	15.00	106	44.17	5
Sadness and depression.	33	41.25	19	23.75	28	35.00	174	72.50	1
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	12	15.00	21	26.25	47	58.75	151	62.92	2
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	19	23.75	27	33.75	34	42.50	152	63.33	1
Total	129		231		200		1018	60.60	

From the previous table, we find that:

- The third colorimetric group gives the feeling of sadness and depression to 72.5% of old men, this percentage exceeds all the rest of variables, followed by the feeling of vitality and activity which is by up to 70%.
- 63.33% of old people find the third colorimetric group suits living rooms.

* *The research results of old women's opinion about the third colorimetric group "neutrals of black and shades of grey".*

Table (7) Shows the repetition, SMA, and percentage of the old women's preferences to the third colorimetric group

The Axes	Third colorimetric group								
<i>Does this color group make you feel with?</i>	Yes	percentage	No	percentage	To Some Extent	percentage	SMA	percentage	Ranking
Comfort and tranquility.	42	52.50	10	12.50	28	35.00	192	80.00	1
Vitality and activity.	13	16.25	35	43.75	28	35.00	130	57.02	4
Happiness and optimism.	2	2.50	72	90.00	6	7.50	90	37.50	5
Tension and nervousness.	31	38.75	12	15.00	37	46.25	179	74.58	2
Sadness and depression.	41	51.25	26	32.50	13	16.25	175	72.92	3
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for bedroom	7	8.75	59	73.75	14	17.50	108	45.00	2
This color group is more suitable such as upholstery fabrics for living room	22	27.50	30	37.50	28	35.00	152	63.33	1
Total	158		244		154		1026	61.48	

From the previous table, it turned out that:

- The third colorimetric group gives the feeling of relaxation and tranquility to 80.00% of old women, this percentage exceeds all the rest of the variables, followed by the feeling of sadness and depression, which is up to 74.58%.
- 63.33% of elderly women prefer the forth colorimetric group in living rooms, and this percentage is consistent with the old men's preferences.

3.3 EXPERIMENTAL STUDY

(SUGGESTED DESIGN IDEAS FOR PRINTED UPHOLSTERY FABRICS FOR THE ELDERLY'S ROOMS)

This age group required aesthetic form to the surrounding environment of the elderly. The study proceeded to propose a set of design ideas based on the preferences of color for the elderly which based on the results of the previous questionnaire and appropriate to printed upholstery fabrics for elderly rooms and contribute to achieve calm and psychological comfort.

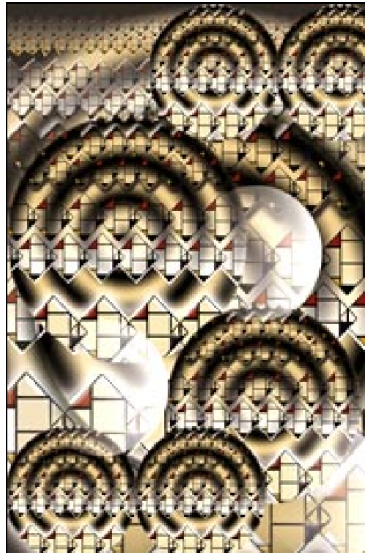
3.3.1 DESIGN IDEA NO.(1)

The design depends on repetition, which includes two directions: - First, a repetition to the diamond-shaped horizontal component border then repeated it in uneven in size from largest to smallest as it goes toward to the top of the design. Secondly, repeat the form of the circle of different sizes from largest to smallest as it goes towards the design center, which confirmed the sense of centralization and depth. So, the design includes a hidden kinetic energies, arising from the curved lines of the circles and fixed diamond-shape in the direction, which raises a sense of vitality and movement (Alsafy, 1998, 161).

* **Color:** the gradient color used from dark to light in different directions, from the inside to outside and vice versa, causing a diversity of direction and gave a sense of light and shade. The color group compatible of beige and brown gives the sense of warmth and simplicity to the design which enriched the design and makes it suitable for upholstery fabrics for living rooms. Therefore the research thought that the use of the units of modern art works will be suitable to use in designing products for elderly.

Design Idea no. (1-A): This idea represents a repetition of the main design idea where the units overlap and intertwine in a way makes it is difficult to separate from the original shape and the rest of the design, which confirms the sense of cohesion, overlap, continuity and required infinity in furnishing fabrics design.

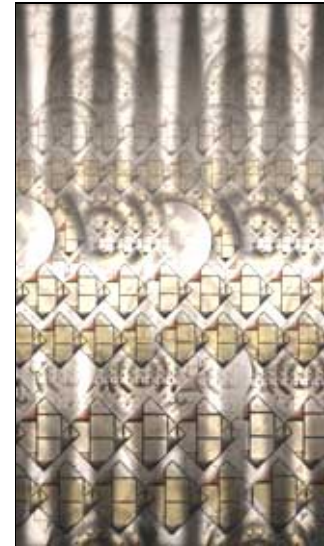
Design Idea no. (1-B): It depends on the division of design area to more than one level: A level that adjacent diamonds of the figure is distributed in regular lines repeatedly in the horizontal direction and distances almost equal. In another level, the circles differentiated repeated in the horizontal direction like strips horizontal overlapped over each other in a gradual manner to suit the functional side of the curtain fabrics.



Design Idea no.(1)



Design Idea no.(1-A)



Design Idea no.(1-B)



Suggested usage.

3.3.2 DESIGN IDEA NO.(2)

The design surface is divided into two overlapping levels. The first level: the background of the work shows a group of intersecting vertical and horizontal lines to create many of the geometric shapes such as rectangles and squares, varying in size and give a variable rhythm and a sense of movement. While the other level in the front of the work shows a group of changing linear spaces up and down gives the sense of sequentially. This led to a sense of movement and transfer of vision optical viewfinder, according to this movement vertically from bottom to top. (Alsafy 1998,172).

***Color:** Psychological studies proved that the color blue is the color of calmness, tranquility and comfort. It is preferred to use the light degree of blue in living rooms and bedrooms (Gomaa,2006,19). Statistical analysis results of the previous questionnaires show the existence of a preference for this color group by up to 82% in terms of giving the sense of comfort

and tranquility. So in this design idea color blue is used in some lines and spaces to give color lighting which make a sense of comfort and optimism.

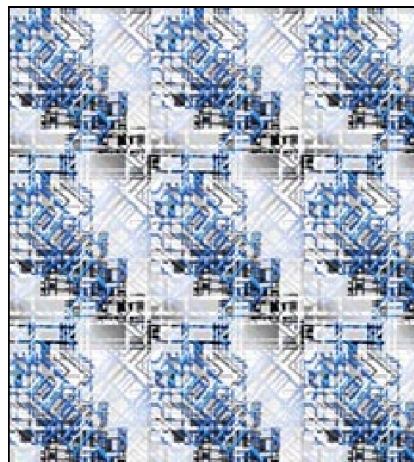
Design Idea no. (2-A): It is a repetition to the original idea, which carries with it a set of mislead oblique strips resulting from the repetition as well as the difference in the pattern and distribution of lighting enriched the sense of diversity and preserve the sense of calm and comfort.

Design Idea no. (2-B): In this idea blue diamond was repeated in a contiguous way to make horizontal strip at the bottom of the design. The dark area at the bottom gives the sense of gravity and to suit the functional aspect of curtains fabrics.

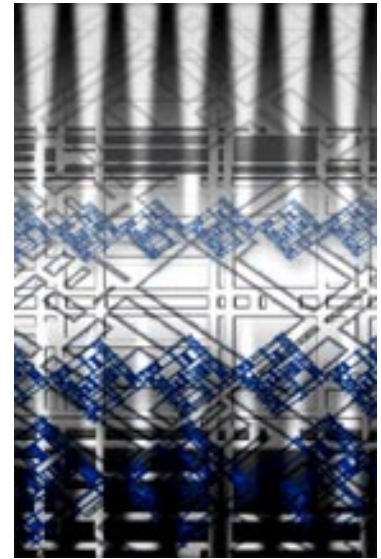
* The design ideas have been used as upholstery fabrics for living rooms. The results of the statistical analysis of the previous questionnaire showed a preference for this color group to fit the living rooms by up to 67.50 %.



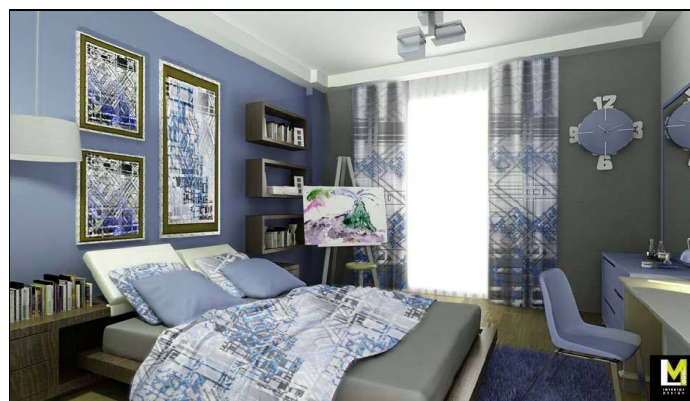
Design Idea no.(2)



Design Idea no.(2-A)



Design Idea no.(2-B)



Suggested usage.

3.3.3 DESIGN IDEA NO.(3)

This idea is based on dividing the work surface is into a set of overlapping squares horizontally and vertically gradient towards the depth with different thickness of lines to bring diversity. The structural relationships of the design elements depends on the overlap and overlay relationships and the contrast between the units, which gave a sense of artwork unity (Ryad, 1969 ,319).

***Color:** The choice of colors in this design depends on the results of the field study, which showed the elderly preference of violet color by up to 85% in terms of a sense of comfort, happiness and optimism. The green color is the color of nature, it gives the feeling of comfort and tranquility (Ismaeil , 2009,30). White color, black and gray are neutral colors which make shadows and necessary light to highlight the other colors.

Design Idea no. (3-A): Give the sense of extension and continuity which is required in furnishing fabric designs.

Design Idea no. (3-B): This design idea is considered as a repetition of the main idea in horizontally way component strip at the bottom of the design. This strip size is changed gradually to small as we go towards to the top of the design. This is compatible to the fact that the idea of design is employed as curtain fabrics.

* The design ideas has been employed for living rooms. The previous field study results proved that the elderly prefer violet color to suit living rooms by up to 67.50%.



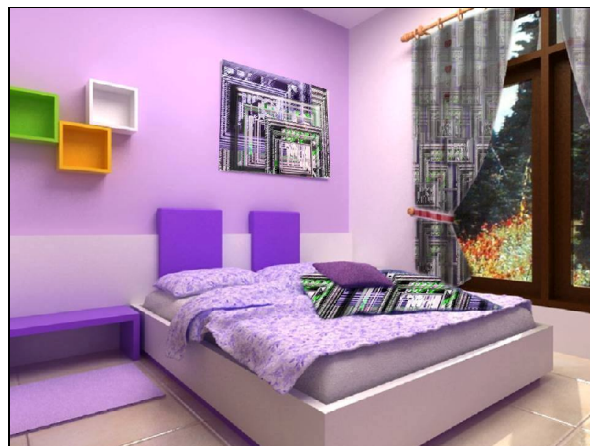
Design Idea no.(3)



Design Idea no.(3-A)



Design Idea no.(3-B)



Suggested usage.

3.3.4 DESIGN NO. (4)

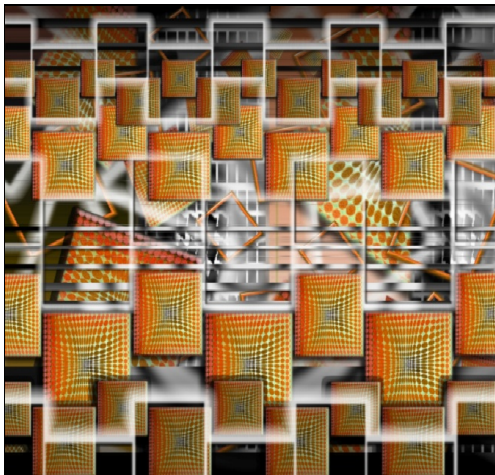
The basis of this work is a set of squares that are varied in size, and contains interior circular effects that move upwards and downwards in a vertical movement in the horizontal direction, which gives the illusion of over-stretching and arrangement that underscores the sense of dynamic rhythm. (Ryad 1969, 319). The relations of adjacency, interference, and overlapping organize and coordinate the elements inside the work, which helps with tightening up the design.

***Color:** This design depended on the use of warm colors like orange and yellow, according to statistics they are preferable to the elderly because it give them the feeling of optimistic and happiness by 89.5% it's confirmed by researches that the orange color and all its levels helps to move the feelings, increases the heart rate, does not affect blood pressure but it gives the sense of relief and joy (Hassan 1986,180).

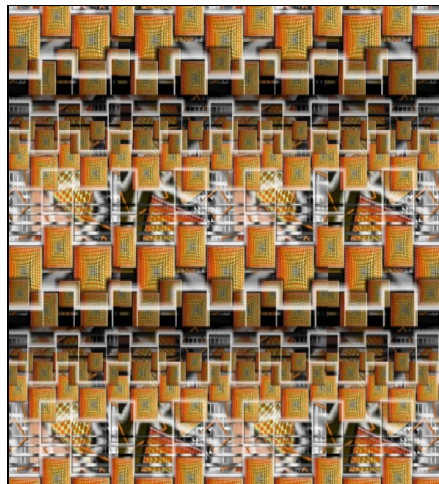
Design no.(4-A): This design represents a reputation to the original idea which creates levels of brightness and dark areas. Overall, the design combines movement, brightness and depth, so the movement is produced when the square rests on its axis and the diversity of squares and circle's size. The depth is illustrated by the overlapping of squares and the sense of dark and luminous emptiness, produced from the use of different levels of light and dark colors. This design can be used as printed upholstery textile.

Design no.(4-B): The surface of the design is divided into 3 vertical levels, the squares in 1st level are distributed in horizontally with big size, while the size decreases as we are headed towards the 2nd and 3rd level gradually from bottom-up to assure the center of gravity in a repeated form that gives the impression of extension and suits the nature of curtains fabrics.

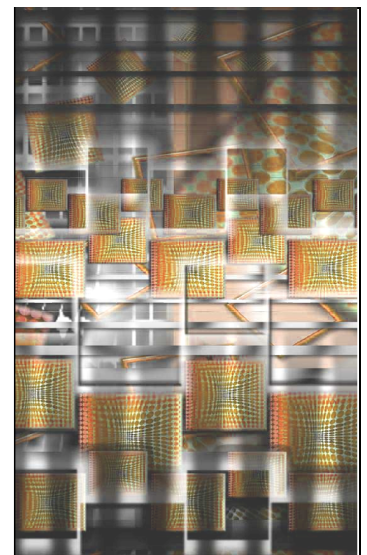
* A suggested functioning of design has been made as a furnishing fabrics for a living room , as this colored group was the most favorable to be used in living rooms for 68.8% of old ladies.



Design Idea no.(4)



Design Idea no.(4-A)



Design Idea no.(4-B)



Suggested usage.

3.3.5 DESIGN IDEA NO. (5)

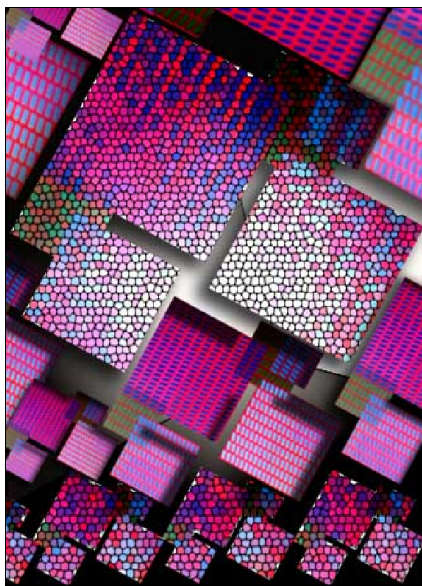
The building design in this idea relied on the distribution of the geometric forms, diamond-shaped, and different squares in position, direction and size which achieved variety and transition from small sizes duplicated horizontally at the bottom of the design and enlarge it gradually towards the top of the design. (Alsafy, 1998, 87)

***Color:** Shades of purple were used according to the psychological studies to the color showed that the reddish violet is a calm, moist, dreamy, and luxurious color (Ryhan 1983, 180). The blue color was also used, as the results of the previous field study confirmed the preference of cold color group (blue, green, purple) by the old people (men and women) as it gives the feeling of comfort and tranquility by up to 85.42% of men and 84.6% of women.

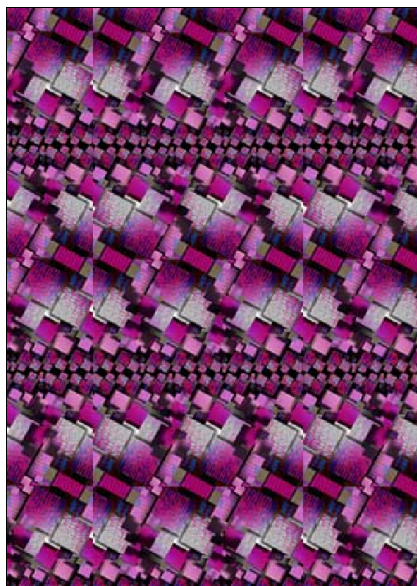
Design idea no. (5-A): In this idea, the units and the elements has been repeated in a horizontal sequence in different positions with equal sizes in a way that achieves toning and rhythm, the involvement of both figure and ground contributed in creating a kind of linkage, that resulted in producing an aesthetic relationship where the basic unit became integrated in the overall design, which makes it able to be a furnishing fabrics.

Design idea no. (5-B): The surface of the design was divided into horizontal levels, and repeatedly distributed in the first level, which is in the bottom of the design, it's also been repeated vertically with different sizes, smaller and smaller as we headed up, as well as progressively in the intensity of color that decrease whenever we move upwards, which gives the feeling of balance in whole design making it suitable for curtains fabrics.

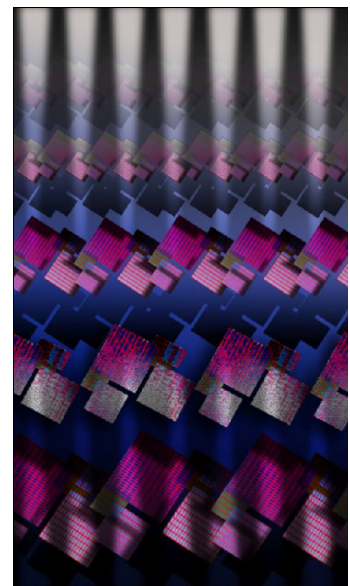
* Since the studies assured that 78.8% of the elderly men and women prefer to use purple shade and blues in their bedrooms. This proposed model represents a bedroom fits the old people.



Design Idea no.(5)



Design Idea no.(5-A)



Design Idea no.(5-B)



Suggested usage.

3.3.6 DESIGN IDEA NO. (6)

The unit to one of the flowers that are duplicated horizontally with different sizes at the bottom of the design is the foundation of this design. Also, at the middle of the design it moves vertically from smallest to largest and surrounded by a collection of crimp vertical lines to suggest some kind of motion. In addition to that, areas with geometric shapes like rectangles and squares had been used; this combination between organic and geometric created a kind of rhythm (Dion 1963, 259).

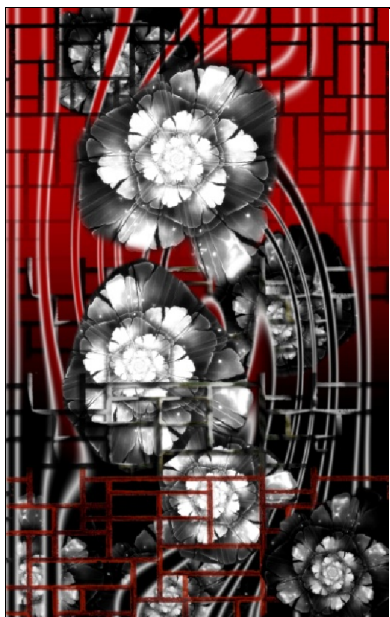
* **Color:** The red color was used in this design besides other neutral colors (white, grey, black), to achieve balance between red, that causes tension to 69.7% of men while to a 89.9% of women it gives them happiness and optimism, and neutrals that give tranquility and peace.

Design idea no. (6-A): This idea is considered as a repetition to the original one, which brings continuity and regularity and produces cross-sectioned stripes that are scalable in color, this gives the illusion of kinetic rhythm and assures the feeling of sequence and extension.

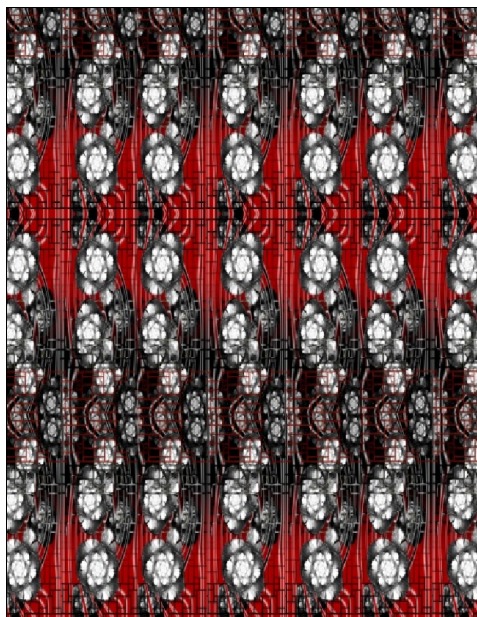
This design can work as furnishing fabrics.

Design idea no. (6-B): The design is divided into two levels, at the first level, which is at the bottom of the design, some horizontal levels were distributed containing elements of configuration in a horizontal way, and they were vertically distributed recursively to suite the nature of curtain fabrics.

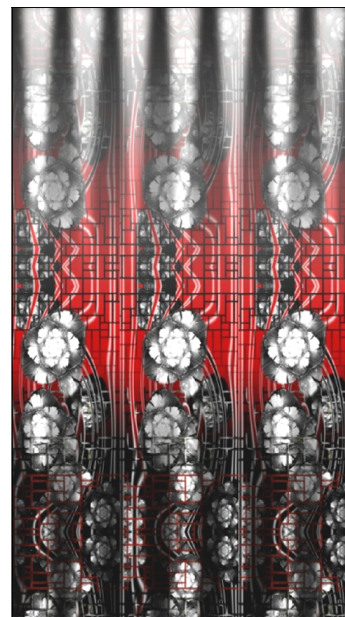
* The proposed functional usage which was tackled by the previous field study showed that there is a preference to the usage of the color red and the neutrals in the living rooms by 68.75% of old women and by 64.6% of old men.



Design Idea no.(6)



Design Idea no.(6-A)



Design Idea no.(6-B)



Suggested usage.

3.3.7 DESIGN IDEA NO. (7)

The area of the work is divided to a group of circles that have inside of it a repeated cubes and different sizes of squares, connected with a group of vertical and horizontal lines creating gaps that is different sizes of rectangles, which enriched the sense of diversity without ruining the unity of the artistic work (Read 1974, 77).

* **Color:** This colorimetric collection is the favorite for the elderly of men, as it mix between warm colors of red, yellow, and cool blue lines, which creates an atmosphere of balance of feelings, because the yellow is full of life and joy, while the blue is full of tranquility and relaxation, and the integration between them gives comfort and harmony.

Design idea no. (7-A): This idea was a repetition to the original unit with overlapping of some circles as it thickens sometimes and diverge some other, which suggest rhythm and visual motion, and by repeating, the feeling of over-stretching and regularity, that fits the nature of furnishing fabrics, is produced.

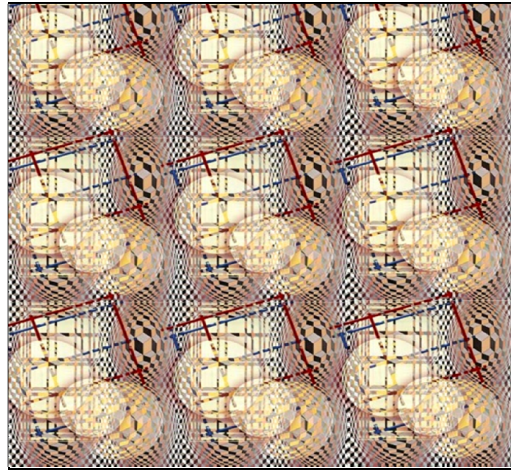
Design idea no. (7-B): This idea used the values repetition, reduction, zooming, transparency, and scaling from the most to the least which goes along with the nature of curtain fabrics. A color and kinetic rhythm was caused by the recurrence of

pedestrians and the repetition of vertical lines, where the idea of rhythm in feeling is linked with the successive movement that limits monotony (Ghorab, 69).

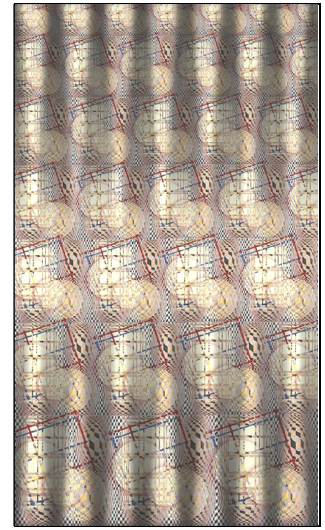
* The proposed functional model for curtains, furnishing fabrics and hanging in the elderly's living room, shows that the color collection that includes the red and orange are the most preferable by the old people in the living rooms.



Design Idea no.(7)



Design Idea no.(7-A)



Design Idea no.(7-B)



Suggested usage.

3.4 THE POST STUDY RESULTS

(THE STATISTICAL ANALYSIS TO THE DESIGN IDEAS)

The statistical analysis to the data, which had been obtained through the post questionnaire that is specifically designed for this purpose of the study, demonstrated that the specified colors, and the superposition designs received a huge preference by many of the old to use them in their furnishing rooms, as it been proved that it is acceptable to great extent. Although it's not possible to measure how calm it is, it is clear that it is comfortable, and gives the feeling of calmness and relaxation, which is enough to satisfy the purpose of the study.

Table (8) Shows the percentages of the two samples concerning the study of the design ideas' preferences

The Axis	Design idea no (1)		Design idea no (2)		Design idea no (3)		Design idea no (4)		Design idea no (5)		Design idea no (6)		Design idea no (7)	
	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women
The appropriate of design elements with age group of the elderly.	82%	89%	87%	82%	90%	91%	91%	89%	88%	85%	92%	90%	90%	89%
The appropriate of units organization within the design.	84%	88%	89%	81%	90%	94%	93%	90%	90%	85%	95%	95%	93%	90%
The color harmony in the design idea.	87%	89%	88%	83%	90%	94%	92%	88%	91%	85%	96%	96%	91%	90%
The achievement of calm and comfortable feeling.	82%	89%	87%	83%	92%	90%	94%	93%	92%	85%	95%	95%	90%	93%
The achievement of excitement and attract attention.	84%	88%	87%	87%	90%	89%	92%	87%	88%	88%	95%	94%	90%	90%
The achievement of excellence and modernity.	85%	91%	88%	82%	88%	88%	90%	84%	90%	89%	90%	92%	90%	90%
The appropriate of design idea to the suggested usage.	88%	92%	83%	85%	88%	91%	88%	92%	92%	89%	93%	90%	92%	96%

4 CONCLUSION

- 1- The use of the statistical approach in the previous study contributes in the identification of the preferences color groups in the elderly. The statistical analysis of the previous opinion questionnaires showed the following:
 - There are essential differences and statistically significant in "color" preferences between elderly male and female. Warm color groups are more colors favored by elderly female where they rise the feeling of happiness and optimism by 89.58%, followed by the sense of comfort and peace of mind by 71.67% compared to the elderly males whom warm colors raise stress and nervousness by 69.58%. As opinion varied on the possibility of the use of warm colors in the living rooms or bedrooms.
 - There are preferences for each of the "cool colors from the rest of color preferences for each sample of men and women. It gives the sense of happy, optimism, comfort and tranquility.
 - A statistically significant for cool degrees of color groups preference for employ in upholstery's textile designs for the bedroom for each of the men and the female sample.
 - A statistically significant preference for neutral color groups for employment such as the textile fabrics for the living room for both men and female sample.
- 2- The statistical analysis of the data obtained through a questionnaire designed specifically for the purpose of this study showed that designs' color are much preferred by the elderly and suitable for their suggested usage even for bedrooms or living rooms. When employed in their accommodation upholstery they have proven to be acceptable to a great extent. The extent of their tranquility could not be measured, however their statement of being comfortable or feel, relaxed, calm, or restful has been enough to satisfy the justifications of the study.

5 RECOMMENDATIONS

It's important to increase the interest in scientific researches that focus on the age group of the elderly, to increase the cultural awareness. It's also important to study their art needs to enrich the field of printed fabric designs to suit the nature of their age.

REFERENCES

- [1] Abo Awad, Salim (unknown publishing year) "Elderly's psychological adaptation", Osama house for publishing.
- [2] Allen ,Briana (January 17, 2007) The effects of color on the human mind, GTIntern/Mentorship Program Interior Architecture 5-6)
- [3] Almeligy, Abdelmonaim (1975) "The psychological growth" , Cairo, The library of Egypt.
- [4] Alsayfy, Ehab Bismarck (1998), "The plastic and structural principles for design" , Egyptian writer for printing and publishing.
- [5] Birren, F. (1961), Color Psychology Color Therapy, Secaucus, New Jersey, University Books Inc.
- [6] Black, Jill (2002), Color psychology, Auckland, New Zealand.
- [7] Byrnes, D.A. (1983), "Color associations of children", The Journal of Psychology.
- [8] Cerrato,Herman (2012)," The meaning of colors" , Phaidon Press.
- [9] Dion, Joen (1963), "The art is experience", Translated by Zakaria Ibrahim, The house of Arabic Renaissance, Cairo.
- [10] Ismaeil, Mohga Mohamed (2009), " color and light theories in home interior design" , House of Al-Zahraa for publishing, Al-Riaad, Arab Kingdom of Saudia.
- [11] Gage, John, (1999)," Colour and Meaning", Art, Science and Symbolism, University of California Press ,Berkeley, Los Angeles, USA.
- [12] Ghorab, Youssef Khalifa (unknown publishing year), "Plastic arts", Cairo, Egypt.
- [13] Gomaa, Hussin Muhammed(2006), " colors from psychology to décor", Office of studies and consulting, Cairo, Egypt.
- [14] Hassan, Soumia Mahmud (1986), " Color in Interior design of home", Library of Arabic culture.
- [15] Hooyman, N & Kiyak A (1991): "Social Gerontology: A Multidisciplinary perspective" N. Y: MC Grow Hill Book Co.
- [16] Meola, Kalyan V , (2005) ,"The psychology of color". A Journal of Academic Writing - Vol. 3 - Issue 3
- [17] Per & Multer, M & Hal(1992): "Adult Development and Aging", N. Y John Wiley & Sons, In Co E .
- [18] Read, Herbert (1974), "Meaning of art" , Translated by Samy Khashaba, The house of Arabic book, Cairo.
- [19] Ryad, Abdelfattah (1969) , "The formation in fine arts", The house of Arabic Renaissance.
- [20] Ryhan, Mahmud Zaki (1983) "Interior design in furnishing living units in elderly dwelling", Master research, Faculty of applied arts, Helwan university, Cairo, Egypt.
- [21] Srisuthep, Thawatchai, (2009), Creative color schemes, The creative guide press, Nonthaburi, Thailand.
- [22] Tamir, L (1979): "Communication and the aged process, Interaction through out of life cycle" N. Y Pergman Press.
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Color_psychology,2015.
- [24] <https://www.dirigodev.com>, 2015.
- [25] <http://www.colour-affects.co.uk/psychological-properties-of-colours>m, 2015.

Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine d'UMA en République Démocratique du Congo

[Floristic and structural studies of the settlements on clay soils with *Pericopsis elata* and sandy with *Julbernardia seretii* in the UMA plain forest in Democratic Republic of the Congo]

J. Omatoko¹⁻²⁻³, H. Nshimba¹, J. Bogaert⁴, J. Lejoly⁵, R. Shutsha³, J.P. Shaumba¹, J. Asimonyio³, and K.N. Ngbolua⁶

¹Université de Kisangani, B.P. 2012, Kisangani, RD Congo

²Ecole Régionale Postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, BP 15373, Kinshasa, RD Congo

³Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, RD Congo

⁴Université de Liège, place de 20-Août, 7 4000 Liège, Belgique

⁵Université Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles, Belgique

⁶Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2015 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 was undertaken with the objective of comparing the structure, the richness and the floristic diversity of the forest settlements of zones with *Pericopsis elata* (clay soil) and those with *Julbernardia seretii* (sandy ground) in the Uma plain forest located in the Ubundu Territory, District of Tshopo in Orientale province of the Democratic Republic of the Congo (DRC). This comparative study is a contribution to the improvement of knowledge on the influence of the ground type on the species distribution in the forest of low altitude of Uma. To carry it out, we inventoried all the trees having dbh $\geq$ 10 cm (all species) on 24 plots of 0.25 ha (either, 6 ha on the whole: 3 ha per zone). The following results were obtained: (i) A total of 2372 trees (for all the species) were listed: 1340 (467 trees/ha) for the settlements with *Pericopsis elata* and 1032 (344 trees/ha) for the settlements with *Julbernardia seretii*. They respectively represent a basal area of 29 m²/ha and 24.5 m²/ha. The differences are significant between the settlements of these two zones for the density ($t=3.9$; $p<0.01$) and diametric structures ($\chi^2=25.9$; $p<0.01$); but not for basal area ($t=1.37$; $p>0.01$). The two forest types present all of the typical diametric distributions of natural forests, with a reversed J structure. There is a "standard forester" effect on the diametric distribution. (ii) The settlements with *Pericopsis elata* include the highest values of species, genera and families (129, 98 and 35 respectively) and of diversity ($H=4.03$; $1-D=0.97$; $J=0.83$; $\alpha=35.19$) than those of *Julbernardia seretii*. The Student T-test indicates significant differences between the settlements for the specific richness values ($t=2.86$; $p<0.01$) and of the Shannon index ($t=2.25$; $p\text{-value}<0.01$) and does not indicate however significant differences for Simpson diversity value ($t=0.93$; $p\text{-value}>0.01$), equitability (-0.48 ; $p>0.01$) and Fisher alpha ($t=1.53$; $p>0.01$). (iii) On the floristic level, these two settlements forest constitute two distinct plant communities ($K=0.41$). The family of Fabaceae is the best represented in terms of specific richness and importance.

KEYWORDS: Floristic and structural studies, plain forest, *Pericopsis elata*, *Julbernardia seretii*, Uma.

RESUME: La présente étude a été menée avec comme objectif global de comparer la structure, la richesse et la diversité floristique des peuplements forestiers de zones à *Pericopsis elata* (sol argileux) et celles à *Julbernardia seretii* (sol sableux) dans la forêt dense de plaine d'Uma située dans le Territoire d'Ubundu, District de la Tshopo en province Orientale de la République Démocratique du Congo (RDC). Cette étude comparative est une contribution à l'amélioration des connaissances sur l'influence de type du sol sur la distribution des espèces dans la forêt de basse altitude d'Uma. Pour la réaliser, nous avons inventorié tous les arbres a dbh ≥ 10 cm (toutes les espèces confondues) sur 24 placettes de 0,25 ha (soit, 6 ha au total : 3 ha par zone). Les principaux résultats suivants ont été obtenus: (i) Au total, 2372 arbres (pour l'ensemble des espèces) ont été recensés : 1340 (467 arbres/ha) pour les peuplements à *Pericopsis elata* et 1032 (344 arbres/ha) pour les peuplements à *Julbernardia seretii*. Ils représentent respectivement une surface terrière de 29 m²/ha et 24,5 m²/ha. Les différences sont significatives entre les peuplements de ces deux zones pour la densité ($t = 3,9$; $p < 0,01$) et les structures diamétriques ($\chi^2 = 25,9$; $p < 0,01$) ; mais ne les sont pas pour la surface terrière ($t = 1,37$; $p > 0,01$). Les deux types forestiers présentent tous des distributions diamétriques typiques de forêts naturelles, avec une structure en J inversé. Il existe un effet « type forestier » sur la distribution diamétrique. (ii) Les peuplements à *Pericopsis elata* comprennent de valeurs les plus élevées d'espèces, de genres et de familles (129, 98 et 35 respectivement) et de diversité ($H=4,03$; $1-D=0,97$; $J=0,83$; $\alpha=35,19$) que ceux à *Julbernardia seretii*. Le test t de Student indique des différences significatives entre les peuplements pour les valeurs de richesse spécifique ($t=2,86$; $p < 0,01$) et de l'indice de Shannon ($t=2,25$; $p\text{-value} < 0,01$) et n'indique cependant pas des différences significatives pour les valeurs de diversité de Simpson ($t=0,93$; $p\text{-value} > 0,01$), de l'équitabilité ($-0,48$; $p > 0,01$) et de Fisher alpha ($t=1,53$; $p > 0,01$). (iii) Sur le plan floristique, ces deux peuplements forestiers constituent deux communautés végétales distinctes ($K = 0,41$). La famille des Fabaceae est la mieux représentée en termes de richesse spécifique et d'importance.

MOTS-CLEFS: Etudes floristique et structurale, forêt de plaine, *Pericopsis elata*, *Julbernardia seretii*, Uma.

1 INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, la dégradation des forêts tropicales humides suscite une attention internationale considérable. Aussi, la conférence de Rio en 1992 a-t-elle préconisé la gestion durable de ces forêts comme moyen de lutte le plus efficace contre leur dégradation accélérée [1]. Ces forêts tropicales abritent de très nombreuses espèces et sont, de ce point de vue, parmi les écosystèmes les plus riches de notre planète [2]; [3]. Les multiples interactions des espèces entre elles et avec leur milieu font de ces forêts des écosystèmes extrêmement complexes [4], [5]. Malgré cette complexité, la richesse écologique des forêts tropicales humides stimule de nombreuses recherches dans un but de mieux comprendre ses origines et les mécanismes de son maintien en vue d'une meilleure conservation [6].

A cet effet, les solutions envisagées à l'heure actuelle pour la conservation des forêts tropicales humides notamment la mise en place de réserves biologiques, l'exploitation forestière durable, la restauration des forêts dégradées ou la création de plantations forestières, nécessitent un approfondissement des connaissances sur l'écologie et la dynamique de la régénération des espèces d'arbres dans des écosystèmes [7], [8], [9]. Ainsi, la gestion rationnelle des ressources forestières ne saurait exister sans une bonne connaissance de la structure et de la composition spécifique des écosystèmes forestiers concernés [10]. Les variations floristiques au sein d'un même massif forestier sont, en effet, liées à des interactions complexes des facteurs physiques telles que les variations climatiques, les cyclones, la topographie et biologiques comme notamment la dynamique forestière, la biologie de la reproduction et la prédation des graines [11]; [12].

Les inquiétudes actuelles suscitées par les changements climatiques et l'érosion de la biodiversité ont conduit à une prise de conscience sur le rôle important joué par les forêts tropicales humides. Cependant, en dépit des résolutions prises au niveau international, leur destruction continue à un rythme toujours croissant [13].

La structure des peuplements forestiers d'un territoire dépend à la fois de l'histoire des flores et de l'action actuelle du milieu, qui favorise certaines espèces, les répartit dans l'espace suivant leurs exigences biologiques et écologiques, ou au contraire les élimine. Les peuplements végétaux d'une région peuvent donc être envisagés à deux points de vue différents : soit sous l'angle de ses groupements floristiques ; soit sous celui de leur structure, physiologie et dynamique [14].

A l'heure actuelle, en République Démocratique du Congo, les connaissances disponibles sur les écosystèmes naturels ou modifiés par l'action anthropique et sur l'ensemble des ressources biologiques nationales restent encore sectorielles et fragmentaires. Il faut cependant noter que de graves lacunes demeurent encore, dans les domaines de la diversité spécifique, du fonctionnement et de la dynamique des écosystèmes naturels en général et des communautés végétales en particulier.

La forêt d'Uma, située dans la cuvette centrale congolaise reconnue comme renfermant de nombreuses espèces caractéristiques et endémiques, a l'avantage d'occuper une place de choix du point de vue de la biodiversité. Celle-ci, contient de zones de hotspots pour la conservation de la biodiversité. Fort malheureusement, cette diversité biologique reste encore très peu connue à nos jours [15].

Comparativement aux potentialités du pays, l'exploitation forestière est restée jusqu'ici modeste étant donné les conditions socio-économiques que traverse le pays. Il est néanmoins probable que la valorisation des ressources forestières augmente dans les prochaines années étant donné la croissance de la population et les enjeux de développement auxquels doit faire face le pays.

Afin de conserver ce patrimoine naturel exceptionnel, d'exploiter durablement ses ressources et de développer ses infrastructures, la RDC doit disposer d'une information à jour permettant de caractériser au mieux l'occupation du sol. Ce type d'information est indispensable à l'aménagement intégré du territoire. Il permet également de mieux comprendre et analyser la diversité des paysages et de mieux appréhender les changements d'utilisation du sol et la dégradation des ressources naturelles. Enfin, à l'échelle internationale, il peut servir de support aux négociations sur la sécurité environnementale (Protocole de Kyoto) et la biodiversité, et contribuer à une meilleure compréhension des cycles globaux et des changements climatiques [16]; [17].

Comme toute autre forêt tropicale, celle-ci subit de pressions tant naturelles (chablis, trouée, climat) qu'anthropiques (exploitation forestière artisanale de bois d'œuvre, récolte de bois de chauffe et de construction, pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis, etc.), qui peuvent occasionner des modifications sur sa composition structurale et floristique.

La présence de l'espèce *Pericopsis elata* dans un peuplement forestier est le reflet d'une perturbation ancienne (trouée ou chablis, présence et action humaine) de taille importante ou celle d'un chablis naturel estimé à environ 300 m² [18]. L'hypothèse centrale de cette étude est que la texture et la topographie du sol conditionnerait le regroupement phytosociologique des espèces et leur arrangement spatial. Les unes auraient une préférence pour le sol argileux à *Pericopsis elata* et les autres pour le sol sableux à *Julbernardia seretii*. L'objectif global de ce travail est de caractériser et comparer les peuplements forestiers à *P. elata* sur le sol argileux et ceux à *J. seretii* dans une même forêt tropicale de plaine sur le plan structural et floristique en vue de dégager les ressemblances et/ou les différences qui existent entre ces deux peuplements.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU ET JUSTIFICATION

La présente étude a été menée dans la forêt d'Uma située entre 0° 34' N et 25° 52' E, à 92 km de Kisangani dans la collectivité Bakumu-Kilinga, territoire d'Ubundu, district de la Tshopo en province Orientale de la RDC. Le choix de ce site a été opéré d'abord par rapport à sa situation géographique, située en lisière entre la Réserve de Faune à Okapi et le Parc National de Maïko; ensuite du fait que la forêt de plaine d'Uma n'a pas encore fait l'objet d'étude de composition structurale.

2.2 VEGETATION

On observe à Uma de formations végétales suivantes : les jachères formées des champs abandonnés par les villageois, les formations secondaires vieilles ainsi que les forêts matures mixtes et mono-dominantes. On rencontre également de formations végétales sur sol hydromorphe aux abords des cours d'eau ainsi que les végétations sur sol inondé. Ces forêts contiennent des chaînes des Inselbergs qui s'élèvent à plus ou moins 800 mètres d'altitude. Ainsi donc, la forêt d'Uma est stratifiée en zone de production (vert clair), zone sacrée (violet), zone de chasse (vert olive), zone de protection (vert foncé), zone anthropisée (jaune) ainsi qu'en forêt dense (vert) (fig. 1).

- Dominance relative de taxons (Dor)

$$Dor = \frac{\text{Surfaceterrière d'une espèce ou d'une famille}}{\text{Surfaceterrière totale de l'échantillon}} \times 100,$$

- L'importance relative de taxons

$$\text{Importance} = (\text{Ar} + \text{Dor} + \text{FréqR})/3$$

2.5.2 RICHESSE TAXONOMIQUE

Seule, la richesse spécifique a été calculée.

2.5.3 INDICES DE DIVERSITÉ

Quelques indices de diversités ont été calculé : il s'agit de:

- L'indice de Shannon-Weaver (H) [19]

$$H = \sum_{i=1}^S p_i \times \log_2 p_i$$

Où $P_i = n_i / N$, soit l'abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon S , n_i = nombre d'individus de l'espèce i et N = nombre d'individus pour l'ensemble d'espèces; S = nombre d'espèces de la communauté.

- L'indice de Simpson (1-D)

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

- L'équitabilité de Pielou

Elle se calcule par la formule : $E = \frac{H}{\log S}$,

- L'indice de diversité alpha de Fisher

$S = \alpha \ln(1 + \frac{N}{\alpha})$ Où α = diversité alpha de Fisher, N = nombre total d'individus et S = nombre total d'espèces.

- Le coefficient de similarité de Sorensen

Ce coefficient permet de déterminer si deux groupements floristiques appartiennent à une même communauté végétale. Il représente le pourcentage d'espèces communes à deux relevés.

$$K = \frac{2a \times 10}{2a + b + c}$$

Où a est le nombre d'espèces communes aux deux forêts, b et c sont les nombres d'espèces absentes dans l'une des deux forêts mais présentes dans l'autre. Si K est supérieur à 50%, les groupements comparés sont considérés comme appartenant à la même communauté.

2.5.4 COURBES DE RARÉFACTION

La représentation graphique de l'évolution de la richesse spécifique d'une communauté en fonction du nombre d'individus inventorié est donnée par la courbe de raréfaction. Cependant, en forêts tropicales, cette courbe ne s'arrête pas de croître même pour des inventaires très poussés, ce qui rend la notion d'aire minimale plus complexe à cause de l'apparition sans cesse des espèces dites rares ou accidentelles [20].

2.5.5 OUTILS STATISTIQUES

Les données récoltées sur terrain ont été encodées puis filtrées et triées à l'aide du programme Excel 2007. Par contre, les logiciels tels que R, Past et Estimate S ont été utilisés pour les calculs de paramètres statistiques.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 STRUCTURE DES PEUPELEMENTS FORESTIERS ETUDIES

• Densité et surface terrière

« Les peuplements sur sol argileux avec *Pericopsis elata* présentent une densité plus élevée »

Au total 2372 individus (pour l'ensemble d'espèces) ont été recensés, soit 1340 individus (467 arbres/ha) pour les peuplements à *Pericopsis elata* et 1032 (344 arbres/ha) pour les peuplements à *Julbernardia seretii*. Ils représentent respectivement une surface terrière de 29 m²/ha et 24,5 m²/ha. Les différences de densité sont significatives entre ces deux peuplements ($t = 3,9$; $p < 0,01$) mais la surface terrière ne l'est pas ($t = 1,37$; $p > 0,01$). La densité élevée du peuplement à *P. elata* pourrait s'expliquer par le fait que celui-ci est une formation végétale en pleine évolution dans laquelle on observe une forte compétition entre les arbres en termes de lumière et des nutriments. Par contre, le peuplement à *J. seretii* est une formation végétale plus ou moins mature où on observe la dominance de certains arbres par rapport aux autres. L'espèce *P. elata* est une espèce indicatrice de perturbations importante de la forêt [18]. Quant aux autres chercheurs, ils ont obtenu les résultats ci-après : 435 tiges/ha dans la forêt équatoriale du Gabon [21]; 507 tiges/ha dans la forêt de la terre ferme de l'île Mbiye [14]; 469 tiges/ha dans la forêt secondaire vieille de Masako [22]; 364 tiges/ha dans la forêt à *Millettia laurentii* du lac Mai-Ndombe [23]. Les densités enregistrées dans les peuplements étudiés entrent dans l'intervalle de 300 à 700 arbres/ha, généralement rencontré dans les forêts tropicales [12]. La densité moyenne à l'hectare correspond à environ 400 arbres/ha pour les arbres de dbh compris entre 10 cm et 30 cm et environ 100 arbres/ha pour les arbres de plus de 30 cm de dbh [24]. Pour les forêts ne présentant pas de contraintes particulières, la moyenne se situe aux environs de 600 arbres/ha. En outre, la densité varie aussi à l'intérieur d'une même forêt selon les conditions locales (pentes fortes, bas-fonds, drainage, exposition, stade sylvigénétique, etc). En ce qui concerne la surface terrière des peuplements, elle est de 31,1 m²/ha dans la zone sans *P. elata* et 29,6 m²/ha dans la zone avec *P. elata* dans la forêt de Yoko [18]. Le test statistique a montré qu'il existait de différences significatives entre les zones sans *P. elata* et celles à *P. elata*. Comparativement à nos résultats obtenus, cette différence peut être également justifiée par la méthodologie de récolte des données, l'intensité et la durée de la perturbation et de facteurs pédologiques et écologiques endogènes dont bénéficient les forêts. D'autres auteurs ont obtenu des résultats ci-après : 35,7 m²/ha dans la forêt du Gabon [21]; 21,15 m²/ha dans la forêt de terre ferme à l'île Mbiye [11]; 30,73 m²/ha dans la forêt Secondaire vieille de Masako [22]. Les valeurs calculées pour les forêts denses tropicales humides varient généralement de 25 et 50 m²/ha, les forêts asiatiques et africaines présentant en moyenne des valeurs plus élevées que celles d'Amazonie [13].

3.2 STRUCTURE DIAMETRIQUE

« Les arbres des peuplements à *P. elata* ont un diamètre plus élevé »

Afin de comparer les structures diamétriques des différents peuplements étudiés, 7 classes de diamètre ont été constituées. Le diamètre de l'arbre le plus gros est de 148,1 cm (*Pericopsis elata*) pour les peuplements à *P. elata*, contre 130 cm (*Ricinodendron heudelotii*) pour les peuplements sans *P. elata*. Les deux types forestiers présentent tous des distributions diamétriques typiques de forêts naturelles, avec une structure en J inversé. Il existe un effet « type forestier » sur la distribution diamétrique ($\chi^2 = 25,9$; $p < 0,01$). Ceci affirme notre hypothèse selon la quelle la distribution spatiale observée pour une espèce est fonction de type de sol ou de la microtopographie de l'habitat ; certaines espèces préfèrent s'installer sur les sols sableux, argileux et saxicole. L'analyse des contributions de chaque classe de diamètre aux résidus de la statistique χ^2 totale montre que dans la classe 70-80 cm dbh, l'effectif des peuplements sans *P. elata* a le poids le plus important, alors que dans les classes 60-70 cm et 20-30 cm, c'est l'effectif des peuplements à *P. elata* qui contribue le plus.

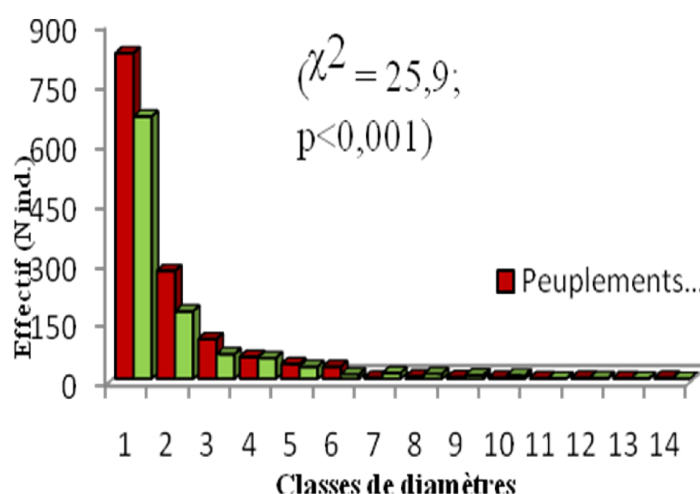


Figure 2. Classe de diamètres (signification des classes de diamètre : 1 = 10-20 cm dbh ; ... ; ≥7 = 70 cm dbh et plus).

Au sein des forêts denses tropicales humides, les classes de diamètre pour l'ensemble du peuplement se distribuent selon une fonction voisine d'une exponentielle décroissante : il y a beaucoup de petits diamètres et peu de gros [13]. Les exceptions à ce type de distribution correspondent généralement à des situations particulières, comme des conditions édaphiques peu favorables, des pentes importantes, une exposition au vent, des températures limitantes pour la formation, etc. ; elles peuvent correspondre aussi à des perturbations à grande échelle comme le passage de cyclones par exemple [13].

3.3 COMPOSITION FLORISTIQUE

• Richesse et diversité floristiques

Le tableau 1 donne les valeurs des richesses et indices biocénétiques

Tableau 1 : Valeurs des richesses et indices biocénétiques

Richesses/Indices	Peuplements	
	à <i>P. elata</i> (sol argileux)	à <i>J. seretii</i> (sol sableux)
Richesse en famille	35	34
Richesse générique	98	81
Richesse spécifique	129	115
Indice de Shannon-Weaver	4,03	3,89
Indice de Simpson	0,97	0,96
Equitabilité	0,83	0,82
Indice de Fisher alpha	35,19	33,14

Les peuplements à *P. elata* (sol argileux) comprennent le nombre le plus élevé d'espèces, de genres et de familles : 129 espèces, 98 genres et 35 familles par rapport aux peuplements à *J. seretii* (sol sableux) qui comptent 115 espèces, 81 genres et 34 familles. L'analyse des valeurs des indices de diversité calculés pour chaque type forestier, montre que les peuplements à *P. elata* possèdent de valeurs de diversité les plus élevées. ($H=4,03$; $1-D=0,97$; $J=0,83$; $\alpha=35,19$). Le test t de Student indique des différences significatives entre les peuplements pour les valeurs de richesse spécifique ($t=2,86$; $p < 0,01$) et de l'indice de Shannon ($t=2,25$; $p\text{-value} < 0,01$) mais n'indique cependant pas des différences significatives pour les valeurs de l'indice de diversité de Simpson ($t=0,93$; $p\text{-value} = 0,3646$), de l'équitabilité ($-0,48$; $p>0,01$) et de Fisher alpha ($t=1,53$; $p>0,01$) (tableau 1). Par rapport aux travaux antérieurs, on peut noter que 183 espèces regroupées en 37 familles ont été répertoriées dans la forêt mixte de Yoko [25]; 183 espèces regroupées en 131 genres et 44 familles dans la forêt de terre ferme de l'île Mbiye[14]; 113 espèces regroupées 33 familles dans la strate arborescente de la forêt de Masako[22], 313

espèces appartenant à 180 genres et 52 familles dans la forêt de Mbaïki en RCA [26]. L'indice de Simpson variait de 0,85 à 0,97 pour les arbres dominants (moyenne = 0,93) et de 0,92 à 0,97 pour les arbres dominés sauf pour deux relevés de la communauté submontagnarde dont l'équitabilité variait de 0,75 à 0,94 pour les arbres dominants, de 0,54 à 0,96 pour les arbres dominés [24]. Nos résultats montrent que, la forêt sans *P. elata* est plus diversifiée que celle à *P. elata* de Yoko. Cette différence peut s'expliquer d'une part, par l'intensité et la durée de la perturbation et d'autre part par le taux de renouvellement de l'écosystème et ses composantes spatiales. En effet, avant l'accession de la RDC à l'indépendance politique en 1960, les constructions des routes et chemins de fer par les colons belges, les populations locales vivaient disséminées dans les forêts. Les traces ou signes de leur présence sont restés visibles jusqu'à aujourd'hui ; on observe notamment des grandes zones forestières dominées par des espèces pionnières cicatriciennes des perturbations, à durée de vie longue, c'est-à-dire plusieurs décennies, voire des centaines d'années (*Petersianthus macrocarpus*, *Ricinodendron heudelotii*, *Pericopsis elata*, etc.), des marantaceae et/ou des rotins. Dans ces zones, il est aussi possible d'observer des résidus de charbon de bois dans le sol, parfois à plus de 50 cm de profondeur [18].

La diversité augmentait avec l'intensité des perturbations par le fait que la richesse spécifique de la banque des plantules augmente avec le degré de l'ouverture de la canopée, grâce à l'activation de la banque de graines du sol préexistante et/ou à la production massive de graines par les semenciers environnants aux dépens de la perturbation [26]. Tous les indicateurs de diversité utilisés (S, H, α , F, raréfaction) vont dans le même sens. L'augmentation de la diversité observée aux régimes intermédiaires de perturbation reste valable 60 ans plus tard [26]. En plus, l'augmentation de la diversité spécifique suite à la perturbation est la conséquence d'une altération de la composition floristique. C'est pourquoi cette augmentation de diversité s'accompagne d'un déplacement de la composition floristique vers un pôle plus héliophile [26], ou qu'elle s'explique par la prévalence d'un compromis local entre des espèces dotées de différents traits d'histoire de vie, ou stratégies telles que survie à l'ombre associée à la capacité compétitive, et capacité de colonisation associée à la tolérance au stress [26]. Ainsi, lorsque la perturbation atteint un niveau intermédiaire (chablis plus fréquents ou plus étendus, exploitation forestière limitée) entre ces deux extrêmes, la diversité est maximale du fait de la création d'une plus grande variété de niches écologiques, les unes favorables aux héliophiles, les autres aux sciaphiles [27].

La figure 3 donne la courbe de raréfaction de la richesse spécifique en fonction du nombre d'individus pour chaque type de peuplements.

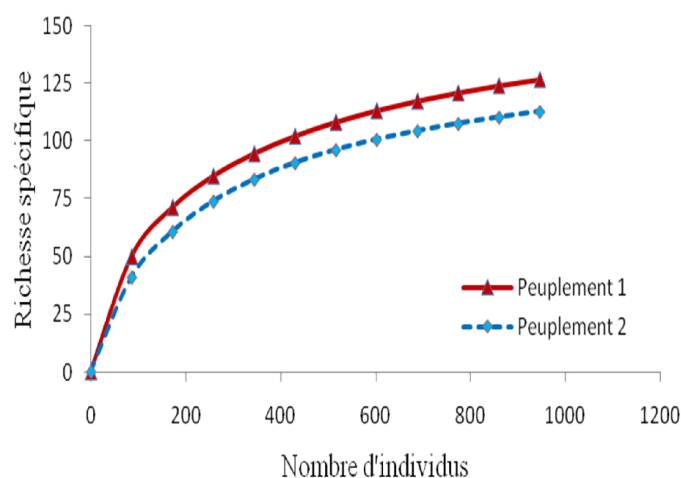


Figure 3. Courbe de raréfaction de la richesse spécifique en fonction du nombre d'individus pour chaque type de peuplements (Peuplement 1 = Peuplements à *P. elata* et Peuplement 2 = peuplements à *J. seretii*).

L'évolution de la richesse spécifique en fonction du nombre d'individus (fig. 3) montre une nette différence entre les peuplements, elle est plus élevée dans les peuplements à *P. elata*. Il faut cependant noter que les deux courbes sont loin d'atteindre le stade asymptotique.

Les valeurs d'importance relative des espèces indiquent que *Anonidium mannii* (9%), *Julbernardia seretii* (8%), *Pancovia harmsiana* (5%), *Petersianthus macrocarpus* (5%), *Diospyros boala* (4%) sont les plus importantes dans les peuplements à *P. elata*. Tandis que *Julbernardia seretii* (16%), *Gilbertiodendron dewevrei* (10%), *Cynometra hankei* (8%), *Diospyrosboala* (6%), *Pancoviaharmsiana* (4%), demeurent les plus importantes dans les peuplements à *J. seretii*. Pour la forêt de Yoko; *Scorodophloeus zenkeri* (12,65%), *Julbernardia seretii* (7,93%), *Gilbertiodendron dewevrei* (5,95%), *Greenwayodendron suaveolens* (6,72%), *Cola griseiflora* (5,53%) ont été les plus importantes pour les peuplements sans *P. elata*. Tandis que

Petersianthus macrocarpus (12,29% et 21,36%), *Trilepisium madagascariensis* (5,12% et 7,58%) ; sont les plus importantes pour les peuplements avec *P. elata* à faible et forte densité respectivement [18].

Nos résultats confirment ce qui a été observé par un autre auteur [13] selon lequel, les espèces sont classées selon leur abondance et dominance décroissante, constituant ainsi un autre aspect caractéristique des forêts denses tropicales humides. C'est ainsi qu'un petit nombre d'espèces sont fréquentes, et un grand nombre d'espèces sont peu fréquentes ou rares. Il ajoute que la rareté d'une espèce peut correspondre à plusieurs situations. Elle peut résulter naturellement de la compétition entre les espèces présentes et de leurs différences de tempéraments ; voire au phénomène historique.

• Importance des familles

Le tableau 2 donne le nombre de genres et d'espèces recensés par famille pour les deux peuplements.

Tableau 2 : Nombre de genres et d'espèces recensés par famille

Familles	Peuplements à <i>P. elata</i>				Peuplements à <i>J. seretii</i>			
	Genres		Espèces		Genres		Espèces	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Fabaceae	18	18.37	25	19.38	17	20.99	21	18.26
Sapotaceae	7	7.14	9	6.98	3	3.70	4	3.48
Malvaceae	5	5.10	8	6.20	5	6.17	7	6.09
Clusiaceae	4	4.08	7	5.43	2	2.47	5	4.35
Euphorbiaceae	6	6.12	7	5.43	5	6.17	6	5.22

La famille des Fabaceae est la mieux représentée en termes d'espèces, genres et importance pour l'ensemble de peuplements. Elle compte 25 espèces, soit 19,38% appartenant à 18 genres, soit 18,36%. Elle est suivie de celle des Sapotaceae (9 espèces, soit 6,98% appartenant à 7 genres soit 7,14%) dans les peuplements à *P. elata* tandis qu'elle compte 21 espèces, (soit 18,26% regroupées en 17 genres soit 20,98%), suivie des Meliaceae (9 espèces soit 7,83% appartenant à 4 genres, soit 4,97%) dans les peuplements à *J. seretii*. Les valeurs d'importances indiquent qu'après la famille des Fabaceae (34%) viennent les Annonaceae (10%), Sapindaceae (3%), Lecythidaceae (4%) et les Myristicaceae (2%) dans les peuplements à *P. elata* tandis que cette famille (45%) est suivie des Ebenaceae (8%), Sapindaceae (5%), Myristicaceae (4%) et Malvaceae (3%) dans les peuplements à *J. seretii*.

L'observation de la diversité de Fabaceae a été également faite par d'autres chercheurs : 21 genres et 33 espèces dans la strate arborescente de la forêt centrafricaine [26], dans la forêt ombrophile sempervirente et dans la forêt secondaire du lac Mai-Ndombe [23], dans la forêt de terre ferme de la région de Kinshasa [28], dans les forêts semi-décidues de la région de Kisangani [29]. Les Fabaceae avec 247 genres et 2848 espèces constituent une large famille de plantes à fleurs en termes de nombre d'espèces après les familles des Orchidaceae et Asteraceae [30]. Le district de la Tshopo compte plus de 250 espèces des Fabaceae [25]. Par contre, dans les strates arborescentes des forêts matures de terre ferme au sud-est du Cameroun, on y a trouvé que la famille d'Euphorbiaceae était la plus diversifiée [4]. Ce qui montre que les familles des Euphorbiaceae, Leguminosae-Caesalpinioideae, Olacaceae, Annonaceae figurent parmi les familles les plus dominantes du domaine Guinéo-congolais [4]. Certaines de ces familles, notamment les deux premières citées sont également dominantes aussi bien dans les forêts tropicales d'Amazonie que de celles de l'Asie du Sud-est.

• Similarité floristique

La figure 4 donne le dendrogramme montrant la dispersion des relevés selon leur similarité floristique.

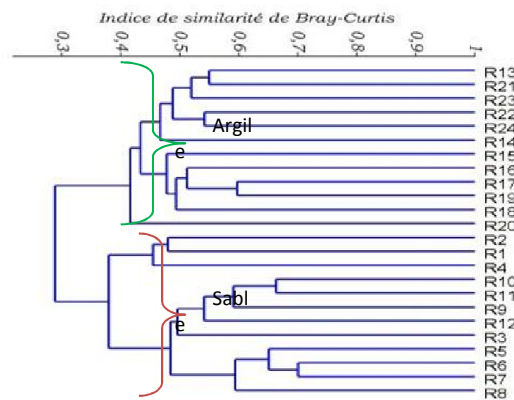


Figure 4. Dendrogramme regroupant les relevés selon leur similarité floristique en termes de leur abondance.

Il ressort de la figure 4 que les peuplements forestiers de ces deux zones constituent deux communautés végétales différentes ($K = 0,41$) comme le montre le dendrogramme regroupant les relevés selon leur similarité floristique en termes de leur abondance et l'analyse factorielle de correspondance (AFC) (fig. 4). Le même constat a été fait dans la forêt de Yoko, les zones à *P. elatas* sur *Sol argileux* constituent, du point de vue de la composition floristique une communauté végétale différentes de celle de leurs voisins sans *P. elatas* sur *Sol le sableux*; les perturbations auraient modifié la composition floristique des peuplements de départ [18]. Les communautés végétales se régénérant et croissant dans les zones perturbées sont souvent différentes de celles qui vivent en zones « non perturbées » [18].

La figure 5 donne les renseignements sur l'analyse factorielle de correspondance (AFC) concernant la répartition des peuplements dans la forêt d'Uma.

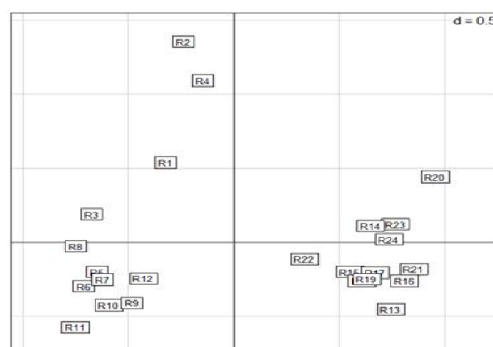


Figure 5. AFC représentant la répartition des peuplements dans la forêt d'Uma.

Il ressort de ce graphique que les relevés les plus proches spatialement présentent des similarités floristiques. Excepté le tempérament de l'espèce, certains facteurs du milieu comme la topographie (altitude et pente) de la parcelle et les éléments physico-chimiques du sol agissent également. Les caractéristiques chimiques et/ou texturales du sol et la topographie peuvent être corrélées, négativement ou positivement, avec un effet significatif sur la végétation. En plus, pour les espèces tropicales héliophiles, dont l'installation dépend des perturbations (trouées ou chablis), les variables édaphiques interagissent souvent avec la lumière pour influencer la répartition spatiale de leurs populations [18].

4 CONCLUSION

La présente étude a été menée avec comme objectif global de comparer la structure, la richesse et la diversité floristique des peuplements forestiers de zones à *Pericopsis elata* (*sol argileux*) et celles à *Julbernardia seretii* (*sol sableux*) dans la forêt dense de plaine d'Uma en République Démocratique du Congo. Pour la réaliser, nous avons inventorié tous les arbres ≥ 10 cm dbh (toutes espèces confondues) sur 24 placettes de 0,25 ha (soit, 6 ha au total : 3 ha par zone).

A l'issue de cette étude, nous avons obtenu les principaux résultats suivants :

- i. Au total, 2372 arbres (pour l'ensemble des espèces) ont été recensés : 1340 (467 arbres/ha) pour les peuplements à *Pericopsis elata* et 1032 (344 arbres/ha) pour les peuplements à *Julbernardia seretii*. Ils représentent respectivement une surface terrière de 29 m²/ha et 24,5 m²/ha. Les différences sont significatives entre les peuplements de ces deux zones pour la densité ($t = 3,9$; $p < 0,01$) et les structures diamétriques ($\chi^2 = 25,9$; $p < 0,01$) ; ne les sont pas pour la surface terrière ($t=1,37$; $p > 0,01$). Les deux types forestiers présentent tous des distributions diamétriques typiques de forêts naturelles, avec une structure en *J* inversé. Il existe un effet « type forestier » sur la distribution diamétrique.
- ii. Les peuplements à *Pericopsis elata* comprennent de valeurs les plus élevées d'espèces, de genres et de familles (129, 98 et 35 respectivement) et de diversité ($H=4,03$; $1-D=0,97$; $J=0,83$; $\alpha=35,19$) que ceux à *Julbernardia seretii*. Le test *t* de Student indique des différences significatives entre les peuplements pour les valeurs de richesse spécifique ($t=2,86$; $p < 0,01$) et de l'indice de Shannon ($t=2,25$; $p\text{-value} < 0,01$) et n'indique cependant pas des différences significatives pour les valeurs de diversité de Simpson ($t=0,93$; $p\text{-value} > 0,01$), de l'équitabilité ($-0,48$; $p > 0,01$) et de Fisher alpha ($t=1,53$; $p > 0,01$).
- iii. Sur le plan floristique, ces deux peuplements forestiers constituent deux communautés végétales distinctes ($K = 0,41$). La famille des Fabaceae est la mieux représentée en termes de richesse spécifique et d'importance.

REFERENCES

- [1] N.A. Onguene, T.W. Kuyper. Mycorrhizal associations in the rain forest of south Cameroon. *For. Ecol. Manag.* Vol. 140, pp.277-287, 2003.
- [2] P. Feldmann. Biodiversité sous les tropiques : un enjeu pour le développement durable. *Bois et forêts des tropiques* Vol. 292, pp.3-4, 2007.
- [3] J.H. Connell, M.D. Lowman. Low- diversity tropical rainforests: Some mechanisms for their existence. *The American Naturalist* Vol.134, no. 1. pp. 88-119, 1989.
- [4] S. B. Kouob. Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du Sud-est Cameroun. Thèse de doctorat. Ecole Facultaire du Bio-ingénieur. Université Libre de Bruxelles, 2009.
- [5] 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.
- [6] O. Flores. Déterminisme de la régénération chez quinze espèces d'arbres tropicaux en forêt guyanaise : les effets de l'environnement et de la limitation par la dispersion. Thèse de doctorat. Université de Montpellier II, 2005.
- [7] D.H. Janzen, C. Va'squez-Yanes, C. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. In: A. Go'mez-Pompa, T.C. Whitmore, M. Hadley (Eds.), *Rain Forest Regeneration and Management*. UNESCO, Paris, France, pp. 137-157, 1991.
- [8] M.R. Guariguata, M.A. Pinard. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: Implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* Vol. 112, no.1-2, pp. 87-99, 1998.
- [9] D. Sheil, M. Van Heist M. Ecology for tropical forest management. *International Forestry Review* Vol. 2, no. 4, pp. 261-270, 2000.
- [10] P. Sist, A. Saridan. Structure et floristique de la forêt primaire à Diptérocarpacées de l'Est Kalimantan. *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 259, no. 1, pp. 16-24, 1999.
- [11] T.C. Whitmore. *Tropical rain forest of the Far East*. 2nd ed. Oxford, UK, Clarendon Press, 1984.
- [12] P.W. Richards. *The tropical rain forest*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- [13] J.-P. Pascal. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Rev. For. LV. Numéro special*, pp. 118-130, 2003.
- [14] S.-M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDC. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2008.
- [15] J. Lejoly, M.B. Ndjele, D. Geerinck. Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RDC), Université Libre de Bruxelles, 2010.
- [16] A.M. Solomon, H.H. Shugart. *Vegetation dynamic and global change*, Chapman and Hall ed.: London, 1993.
- [17] M.H. Buck, 2011. The Nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the Convention on Biological Diversity. *Review of European Community & International Environment Law* 20, 47-61.

- [18] B. Boyemba. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2011.
- [19] E. Shannon, W. Weaver. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA, 1962.
- [20] F. Gillet. La phytosociologie synusiale intégrée : Guide méthodologique. Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchâtel, Inst. Bot., 2000.
- [21] J.M. Reitsma. Végétation forestière du Gabon. The Tropenbos Fondation. Ede, the Netherlands, 1998.
- [22] L. Loris, L., 2009. Analyse de la diversité floristique dans les diverses strates des forêts denses de Masako (Kisangani, R.D.Congo). Mémoire de D.E.A, Université de Kisangani, 2009.
- [23] M. Menga. Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De wild. (Wenge) dans la région du lac Maï-Ndombe en RD Congo : *Implication pour la gestion d'une espèce exploitée*. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, 2012.
- [24] B. Senterre. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la Phytogéographie des forêts denses d'Afrique Tropicale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2005.
- [25] [25]Lomba, L., 2007.Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Réserve Forestière de Yoko (Ubundu, R.D.Congo), Mémoire de D.E.S inédit, Fac. Sc., UNIKIS, 60 p.
- [26] D. Beina, D., 2011. Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de Mbaïki, République centrafricaine. Etude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, 2011.
- [27] http://www.futurasciences.com/fr/news/t/developpement-durable-1/d/biodiversite-etperturbations-dans-les-forets-tropicales-humides-vers-la-fin-dune-controverse_251. 29/10/2012. 11h30.
- [28] M. Habari. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins moyens des rivières N'djili et N'sele en RD Congo, Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, 2009.
- [29] I. Amani. Vegetation patterns and role of edaphic heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo Basin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2011.
- [30] J. Ndayishimiye. Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique Centrale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2011.

Le Lean Six Sigma et son développement en Afrique

[The lean Six Sigma and experiences in African countries]

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 © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Companies tend increasingly to turn to the improvement steps in order to boost their performance and thus enhance their competitiveness. In times of crisis, the use of such steps is no longer a choice, but is an obligation. In this context, Lean Six Sigma is uncontested today a vector of business development through various objective tools, and also by the involvement of various company stakeholders.

In Africa, the Lean Six Sigma seems like an opportunity to seize and operate. Is it then a management instrument submitted to the fad after the massive craze, or he is a real performance improvement tool for African business and thus responding to a actual need?

This article aims to shed light on the reality of the practice of Lean Six Sigma by African companies through the assessment of lessons learned in the field, culminating in the end a synthesis on issues and deployment prospects of this approach in the context of sustainable development.

KEYWORDS: Lean management, Lean Six Sigma, African Business, Sustainable Development.

RÉSUMÉ: Les entreprises ont tendance de plus en plus à se retourner vers les démarches dites d'amélioration pour pouvoir booster leurs performances et par conséquent développer leur compétitivité. En temps de crise, le recours à de telles démarches n'est plus un choix, mais s'avère une obligation. Dans ce contexte, le Lean Six Sigma est sans contestation aujourd'hui un vecteur de développement des entreprises par le biais de différents outils objectifs, et aussi par l'implication des différents acteurs de l'entreprise.

En Afrique, le Lean Six Sigma paraît comme une opportunité à saisir et à exploiter. S'agit-il, alors d'un instrument de management soumis au phénomène de mode suite à l'engouement massif, ou constitue-t-il un réel outil d'amélioration de la performance pour les entreprises africaines, et répondant ainsi à un besoin réel ?

Le présent article a pour ambition de jeter la lumière sur la réalité de la pratique du Lean Six Sigma par les entreprises africaines à travers l'évaluation des retours d'expérience en la matière, pour aboutir à la fin à une synthèse sur les enjeux et perspectives de déploiement de cette démarche dans le cadre du développement durable.

MOTS-CLEFS: Lean management, Lean Six Sigma, Entreprises africaines, Développement durable.

1 INTRODUCTION

La méthode Lean Six Sigma regroupe un ensemble de techniques statistiques organisées autour d'un processus rigoureux de gestion de projet. Cette technique innovatrice, très populaire en Amérique du Nord, combine les meilleurs principes du management de projets avec la puissance des outils et méthodes statistiques. La rigueur de ce jumelage apporte des résultats surprenants.

Dans un contexte de mondialisation et de compétitivité, l'amélioration de la productivité par l'application d'une technique comme le Lean Six Sigma n'est plus un choix mais une priorité pour qu'une entreprise puisse s'imposer sur le marché international. Si les entreprises de classe mondiale ont intégré ce savoir-faire dans leur boîte à outil de gestion, les entreprises africaines doivent aussi s'y mettre.

Aujourd'hui plus que jamais, les entreprises africaines sont confrontées à une concurrence exacerbée sur les marchés locaux, nationaux, régionaux et internationaux.

La mondialisation des économies avec ses corollaires d'ouverture sur les marchés et de démantèlement des frontières, les phénomènes de privatisations... sont tous des facteurs qui plaident pour une mise à niveau des pratiques managériales dans les entreprises et administrations africaines afin de relever le défi de la productivité et de la compétitivité. Cependant, la mise en place d'outils ou instruments de management ne doit absolument pas échapper à un exercice de contextualisation. Selon N. Sargeane¹, « Une bonne pratique est une façon de faire qui apporte de la valeur dans un contexte donné, ce qui ne l'est pas forcément dans un autre environnement ». Ainsi, si l'on considère que le Lean 6 Sigma est une bonne pratique qui fait ses preuves dans les entreprises nord-américaines, asiatiques et européenne, aura-t-il les mêmes apports pour les entreprises africaines ?

En effet, les entreprises peuvent recourir à des outils de gestion qui ont fait leurs preuves dans d'autres entreprises, pour remédier à des problèmes internes ou améliorer leur performance. Cependant, du fait que chaque organisation est singulière, et que les facteurs d'influence sont très variés, l'adoption d'instruments de management doit être impérativement précédée par une analyse du terrain pour évaluer le potentiel de l'organisation à intégrer convenablement cet instrument².

D'une manière générale, l'adoption de nouveaux instruments de management suscite souvent des débats quant au bien-fondé de la décision.

2 LE LEAN SIX SIGMA EN TANT QU'INSTRUMENT DE MANAGEMENT

Le Lean management est relativement récent, il est apparu dans les années 1990-2000, et est aujourd'hui intégré dans les modes de fonctionnement des entreprises. Le lean management ou littéralement : « La gestion maigre » est une méthode d'organisation du travail en entreprise, originaire du Japon.

Il consiste à mettre à contribution l'ensemble des acteurs afin d'éliminer, les gaspillages qui réduisent l'efficacité et la performance d'une entreprise, d'une unité de production ou d'un département. Pour cela, le lean se fixe comme objectif d'éradiquer trois « démons » de l'organisation du travail[] :

- Muda : Sans valeur ; les gaspillages, ce qui est fait mais qui n'ajoute pas de valeur au produit, les pannes, les déplacements inutiles, les pertes de temps, les charges ajoutées au produit, mais que le client ne perçoit pas.
- Muri : l'excès ; la surcharge de travail engendrée par des processus non adaptés que ça soit au niveau du personnel, au niveau des installations, ou au niveau des stocks.
- Mura : la variabilité ; ou l'irrégularité des machines qui ne mettent pas toujours le même temps pour faire la même chose et dont la qualité varie ; des opérateurs qui ne font pas tous et pas toujours le même travail ; et des fournisseurs qui ne livrent pas toujours les mêmes quantités de matière première.

Parmi les branches du lean management, le lean manufacturing. Son but principal est d'optimiser l'utilisation de l'ensemble des ressources productives de l'entreprise. Pour cela, les outils visent à permettre la réduction des stocks,

¹ Organisateur de l'USI Casablanca, édition de juillet 2010

² Théorie des facteurs de contingence selon Henry Mintzberg

l'optimisation des équipements, l'optimisation des ressources humaines (par la polyvalence) et la réduction des surfaces occupées. Les principaux outils du lean manufacturing sont :

- La notion de Takt time : Rythme de production correspondant aux besoins journaliers exprimés par les clients. La notion de Takt time vise à lisser les lignes de production. Cette philosophie est opposée à celle visant à produire le plus rapidement possible les besoins des clients, et à les stocker (les stocks étant une des formes de gaspillage).
- Le méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) : Méthode d'analyse et de diminution des temps de changement de production (ou de série), dont l'objectif est surtout de diminuer la taille des lots pour diminuer la valeur des stocks.
- Le Kanban : kanban signifie « carte » en japonais. La gestion se matérialise par un circuit de containers et d'étiquettes entre postes avals et amonts. Cet outil vise à tirer les flux au lieu de les pousser, par des moyens simples se basant sur la bonne organisation.
- Les Unités Autonomes de Production/Unité Élémentaire de Travail: L'organisation d'une usine en Unités Autonomes de Production vise à déléguer aux opérateurs le suivi des indicateurs d'une zone de travail, l'analyse des problèmes, et la mise en place des mesures correctives. Cela doit permettre de démultiplier les moteurs d'amélioration continue, ainsi que leur appropriation par les opérateurs.

La théorie du lean management permet la suppression des gaspillages et redondances. Elle s'appuie également sur un time to market optimal avec une organisation sans failles.

Le « Lean Six Sigma » est une démarche qui fait la synthèse entre le « lean », système de production visant l'élimination du « gaspillage et le « Six Sigma » qui est une méthode qui vise à diminuer la variabilité observée dans une des données de sortie d'un processus.

Le Lean Six Sigma s'appliquerait à toutes les organisations puisque basé sur une approche processus. Ses outils sont très adaptés aux processus transactionnels. Selon le retour d'expériences des entreprises ayant mis en place le Lean Six Sigma, ce dernier peut transformer en profondeur et durablement les entreprises.

Ces deux méthodes sont orientées perception du client. Lorsqu'elles sont mises en œuvre avec circonspection, les avantages délivrés par les deux démarches sont tout à fait compatibles et complémentaires.

LES APPORTS COMPLÉMENTAIRES DE LEAN ET SIX SIGMA	
Lean	Six Sigma
<i>Objectifs principaux</i> • Éliminer les gaspillages ; • Rapidité avec moins de ressources (« Faire plus, plus vite ») ; • Approche intuitive, résolution de problèmes simples.	<i>Objectifs principaux</i> • Réduire la variabilité ; • Qualité ; • Approche analytique et rationnelle, résolution de problèmes complexes.
<i>Outils exploités (exemples)</i> • Value Stream Mapping, 5S ; • Analyse de la valeur ajoutée ; • Juste À Temps ; • Standardisation des méthodes de travail ; • Kaizen.	<i>Outils exploités (exemples)</i> • Voix du Client (VOC) ; • Statistiques ; • Outils par étapes du DMAIC (SIPOC, Ishikawa, AMDEC...) ; • Cartes de contrôle.
<i>Résultats</i> • Résultats visibles à court terme, par « petits pas », vers la pérennisation.	<i>Résultats</i> • « Fruits mûrs » (gains relativement rapides) ; • Résultats à moyen et long terme.

Figure 1 : Apports complémentaires du Lean et du Six Sigma 3

Les activités à l'origine des déficiences qualité au sens du client, tout comme les retards pénalisant les processus, sont quelque part les principales sources d'opportunités pour améliorer la qualité, les délais, les coûts de revient et la marge

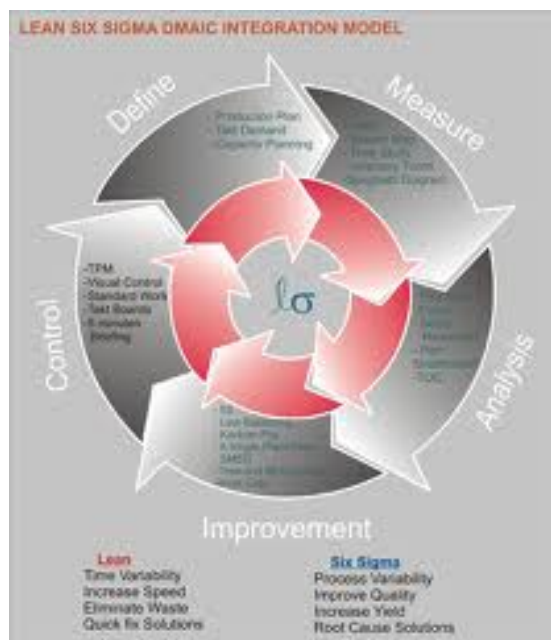
³ « Déployer et Exploiter Lean Six Sigma » Nicolas Volck, éditions d'Organisation, 2009,

bénéficiaire. En partant de ce postulat, le Lean Six Sigma peut alors être envisagé comme une incontournable démarche d'amélioration du service au client et de la rentabilité globale.

Les processus organisationnels des activités de service étant, en tout cas dans les grandes lignes, peu différents des processus des industries de production, la démarche Lean Six sigma s'applique alors aux activités de services comme aux activités industrielles.

Elle suit les mêmes principes, étapes et recommandations.

Tout aussi dépendantes de la voix du client, les organisations du secteur tertiaire, que ce soient les entreprises de services de type organisme financier, les banques ou les compagnies d'assurances, les départements administratifs des entreprises industrielles et les administrations publiques, sont soumises aux mêmes impératifs de qualité, de délai et de rentabilité.



D'une manière générale, le Lean Six Sigma constitue une démarche participative qui implique tous les acteurs du processus. La réflexion stratégique, l'identification des problématiques et la définition de leurs solutions sont systématiquement faites en collaboration avec les équipes opérationnelles. Une fois les pistes d'amélioration identifiées, les impacts sont analysés, ce qui permet de concentrer les moyens sur les actions ayant le plus d'influence sur les indicateurs clés de performance.

3 LEAN SIX SIGMA EN AFRIQUE

La mise en place de nouveaux instruments de management a été souvent réservée aux entreprises de taille conséquente avec une organisation infaillible. Or, d'une manière générale, en Afrique, le tissu économique est caractérisé par une dominance du secteur informel qui représente une grande majorité de la population active non agricole, des créations d'emploi et plus que la moitié de la richesse nationale⁴. Parler donc du Lean Six Sigma en Afrique, revient en réalité à observer la pratique dans un segment précis du tissu économique africain, à savoir : les administrations publiques et les sociétés filiales des multinationales.

⁴ « Transition démographique et emploi en Afrique subsaharienne : comment remettre l'emploi au cœur des politiques de développement », Raphaël BEAUJEU, Michael KOLIE, Jean-François SEMPERE, Christine UHDER, collection « A SAVOIR 05 », Avril 2011

D'un autre point de vue, l'adoption du Lean Six Sigma en tant qu'instrument de management, dans les entreprises africaines, s'inscrit dans la logique d'une influence massive de l'actionnariat sur ces entreprises.

La notoriété que connaît le Lean Six Sigma, les cabinets de conseil qui en font la propagande, sont tous des facteurs qui ont favorisé l'engouement par l'actionnariat des entreprises africaines à mettre en place ce type d'instruments de management qui leur permettront de contrôler les entreprises juridiquement détenues par eux.

Ceci est encore plus vrai dans le cas des entreprises africaines filiales de multinationales, où l'éloignement géographique ne permet pas d'avoir un contrôle direct sur les performances des filiales.

EXPÉRIENCES AFRICAINES : CAS DU SECTEUR BANCAIRE

Le secteur bancaire dans les pays africains est confronté plus que jamais, au défi de la bancarisation en favorisant l'émergence d'un entrepreneuriat à travers le microcrédit et le financement des PME. Ce chantier de bancarisation a poussé de nombreuses banques de la place à révolutionner leurs cultures d'entreprises par l'adoption de démarches dites de progrès.

Selon le cabinet Ineum Consulting⁵, BIAT, une banque privée Tunisienne, ainsi que la filiale libyenne de PNB Paribas, la Banque Marocaine pour le Commerce et l'Industrie, le Crédit Immobilier et Hôtelier (Maroc) ainsi que la Poste au Maroc, ont tous mené des projets s'inscrivant dans une logique d'accélération de la qualité, de la réduction du temps de travail en agence et de réduction des coûts, et ce en s'appuyant sur la méthodologie du « Lean Six Sigma ». Selon les experts ayant mené ces projets, les premiers résultats obtenus attestent qu'un processus « Lean » génère une satisfaction des clients qui devient elle-même source de motivation pour le personnel et d'avantages concurrentiels pour l'entreprise.

De même, Standard Bank Group, une des grandes institutions financières en Afrique du Sud, a publié une étude de cas sur son expérience pour la mise en œuvre du Lean Six Sigma. Cette étude de cas, présentée par « European independent IT research and analysis firm Bloor », firme de recherche et d'analyse, montre que la banque a économisé 438 millions de rands - soit l'équivalent de 64,8 millions de dollars – sur une période de quatre ans grâce à son projet Lean Six Sigma, « iSixSigma reports ». Standard Bank a mis en œuvre un programme d'amélioration des processus dans sa division des Services bancaires personnel et d'affaires, qui fournit des services financiers à des clients individuels et à des petites et moyennes entreprises. En 2005, les dirigeants avaient remarqué que cette division rencontrait plusieurs problèmes inefficacités opérationnelles, y compris la structure centrée sur le produit qui laissait apparaître un silo d'opérations individuelles pour chaque groupe de produit, ce qui induisait des fonctions et des documents redondants, des taux d'erreurs élevés, des retouches et des gaspillages. La division n'avait pas de système de mesure du rendement en place, ce qui rendait difficile de localiser les causes profondes des problèmes auxquels elle était confrontée et entravait toute démarche pour trouver une solution. Cette année là, la banque a déployé Lean Six Sigma, et axé sur des projets qui ont abordé la réduction des gaspillages et la refonte des processus. Suite à ces gains, la Banque a élaboré une « Balanced Scorecard » pour traquer les résultats d'amélioration.

EXPÉRIENCES EN AFRIQUE : CAS DU SECTEUR INDUSTRIEL

En Afrique de Sud, la société Hulammin, important opérateur africain dans l'industrie de fabrication des produits aluminium, a mené l'expérience du Lean Six Sigma, et confirme avoir réalisé 7 un gain de 50 millions de Rands, dans le cadre de sa stratégie d'amélioration continue.

Dans le même contexte, « Element six », filiale du groupe sud-africain « De Beers », et leader mondial en matière de développement et de production de solutions techniques à base de diamant, a mis en œuvre la démarche Lean Six Sigma dans le cadre du programmes d'amélioration des lieux de travail, grâce à quoi, elle a réalisé des économies importantes et a remporté un prix d'excellence.

⁵ Journal « Les Afriques » – N° 83 – 9 au 15 juillet 2009

⁶ Source : <http://www.guidonps.com/industry-news/south-african-financial-institution-reduces-waste-and-errors-with-lean-six-sigma>

⁷ Selon la revue « HR Future »

Expériences en Afrique :

➤ Cas du Secteur aéronautique

L'industrie aéronautique a connu un grand essor dans le continent africain, notamment en Afrique du Nord. La croissance de cette industrie en Afrique a été un moteur essentiel du développement économique du continent.

Au Maroc, l'industrie aéronautique a fait ses premiers pas grâce à des alliances entre industriels aéronautiques européens, et avionneurs européens et américains. Le Lean Six Sigma étant très développé dans l'industrie aéronautique, sur le plan mondial, et du fait de leurs appartenance à des groupes mondiaux d'aéronautique, les entreprises marocaines ont connu très tôt la pratique du Lean Six Sigma. Au-delà d'un simple phénomène de mode, ces filiales ont été impliquées dans les programmes de déploiement du Lean Six Sigma définis par leurs groupes, dans le cadre d'un souci de rentabilisation et amélioration des performances des filiales, puisque la raison d'être de ces filiales est bien le low-cost. En effet, le déploiement du Lean Six Sigma est un outil de maîtrise par les maisons mères, des filiales ainsi que de leurs performances. De même, en Tunisie, le développement du secteur aéronautique s'est fait via l'implantation de filiales de groupes étrangers, qui s'est accompagnée de la mise en œuvre de démarches d'amélioration comme le Lean Six Sigma.

En Afrique du Sud, la mise en œuvre du Lean dans les sociétés Sud-africaines de maintenance des avions⁸ n'était pas évidente et a montré un manque de compréhension de la démarche Lean par les personnes, ainsi qu'une absence de méthodologie claire mise en œuvre.

D'une manière globale, les résultats atteints par les différents organismes africains dans l'amélioration de leurs performances, démontrent que le Lean Six Sigma, au-delà du phénomène de mode, est perçu aujourd'hui par les organisations africaines comme étant un réel outil de progrès qui peut les accompagner dans leur quête de la performance et de l'excellence.

➤ Cas de l'accompagnement des entreprises

Cet essor connu par la démarche Lean Six Sigma a été fortement soutenu par la présence d'organismes internationaux de conseil experts en la matière, mais aussi grâce à l'implantation de structures de formation dispensant des programmes spécifiques pour accompagner les entreprises africaines dans leur découverte du Lean Six Sigma et le développement de compétences locales. Le lancement à Casablanca, d'une antenne de l'Université Lean Six Sigma dans le but de promouvoir le Lean Six Sigma et la certification de compétences dans le Maroc en est un grand exemple.

Dans cette même optique, la volonté du Maroc pour la promotion de la démarche Lean Six Sigma a pris forme en 2011, dans le projet « INMAA » qui est un projet mené par le ministère marocain de l'Industrie, du commerce et des nouvelles technologies, en partenariat avec l'Agence nationale pour la promotion de la petite et moyenne entreprise (ANPME), l'OCP, trois banques marocaines et le cabinet McKinsey.

Le projet « INMAA » a pour vocation d'accompagner les PME marocaines, à raison de 100 entreprises par an, pour l'amélioration de leurs compétitivités, de leur excellence opérationnelle à travers la mise en œuvre du « Lean management » et ce à travers des formations sur le terrain.

Si la mise en place de la démarche Lean Six Sigma dans les structures africaines s'est couronnée par un succès remarquable dans certains secteurs, ces expériences observées dans des entreprises africaines corroborent les conclusions de l'étude réalisée par Christophe Bourgeois⁹, quant à l'impact des difficultés d'adoption par les organisations de nouveaux instruments de management.

4 LEAN SIX SIGMA EN AFRIQUE : QUELLES CONTRAINTES DE MISE EN PLACE ?

Si le Lean Six Sigma vise la standardisation comme vecteur de qualité, on peut lui reprocher un excès d'uniformisation qui peut appauvrir la diversité des réponses possibles à une problématique donnée et l'adaptation à des besoins spécifiques, d'où une nécessité de tempérer au gré des cultures et des contextes.

⁸ "The status of lean implementation within south African aircraft maintenance organizations", Sean Murphy, 2011

⁹ Thèse « Entreprise et Instrument de management : facteurs d'adoption et difficultés d'appropriation », Lille 1, 2007

En matière de Lean Six Sigma, la majorité de la littérature provient des Etats-Unis, dont les fondements culturels sont très éloignés des cultures européennes et encore plus africaines. Ces fondements culturels influencent profondément la manière de mettre en œuvre le Lean Six Sigma au sein des organisations.

Selon Christophe Bourgeois, la décision d'adoption d'instrument de management est influencée par l'environnement institutionnel, selon la séquence : facteurs déclencheurs, facteurs moteurs, facteurs discriminants 9.

Dans un environnement si complexe, selon Honorine Illa¹⁰, les nouvelles théories des organisations et les concepts de management moderne (occidental et asiatique) sont nécessaires à la recherche sans cesse de la performance et de la compétitivité des entreprises africaines, cependant, la réussite de déploiement de tels concepts reste largement tributaire de la capacité des managers et leaders des entreprises à adapter ces concepts au contexte socioculturel spécifique de l'Afrique. Ce qui rend le rôle des leaders plus que jamais fondamental, ces derniers sont appelés de plus en plus à élargir leurs domaines de compétences à travers la connaissance des différentes cultures managériales.

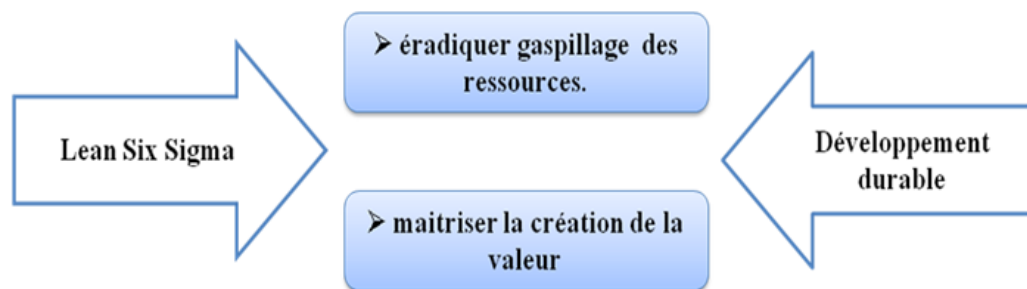
5 CONCLUSION

LA DURABILITÉ EST LA NOUVELLE FRONTIÈRE DU LEAN SIX SIGMA

L'Afrique est l'un des continents les plus riches en termes de ressources naturelles. Ces dernières constituent un potentiel important de développement économique du continent. La protection de ces ressources est devenue un enjeu de taille pour les économies africaines et le développement durable des ressources s'impose aujourd'hui comme souci majeur pour la politique économique africaine.

Pour les entreprises africaines, l'enjeu de la mise en place du Lean Six Sigma va au-delà des soucis d'efficacité et d'amélioration des performances. Il devra répondre aussi aux enjeux de durabilité.

Le Lean Six Sigma et le Développement durable se croisent à deux niveaux : ils partagent une volonté de maîtriser la création de la valeur et ils ont pour ennemi commun le « gaspillage » des ressources.



Vu sous cet angle, le Lean Six Sigma, devient un outil adapté qui allie objectifs de durabilité et d'efficacité. Au-delà de la simple volonté d'engagement environnemental, chaque entreprise a un réel intérêt et enjeu à soutenir une démarche de développement durable. Le « Lean & Green » rapproche l'Excellence Opérationnelle de l'Excellence Environnementale pour mieux répondre aux nouvelles problématiques de l'entreprise contemporaine. L'instauration d'une culture Lean and Green portée par la direction est un facteur clef de succès de son déploiement.

¹⁰ Thèse de doctorat « Etude des Styles de Management au Burkina Faso et au Sénégal : à la Recherche des Spécificités du Système de Management Africain » University Groningen, 2012

REFERENCES

- [1] Raphaël BEAUJEU, Michael KOLIE, Jean-François SEMPÈRE, Christine UHDER, Chargés de programme, IRAM, Savoir 05, Avril 2011, Transition démographique et emploi en Afrique subsaharienne
- [2] Yves Langevin Conférence animée, 1er février 2008, à l'Institut Supérieur des Sciences Économiques et Commerciales de Libreville (ISSEC).
- [3] Christophe Bourgeois, Lille 1, 2007, Thèse de Doctorat sous le thème : Entreprise et Instrument de management : facteurs d'adoption et difficultés d'appropriation
- [4] Claude ALBAGLI, Georges HENAUULT, 1996, La Création d'Entreprise en Afrique, essai de typologie des entreprises africaines
- [5] GUIDON Performance Solutions, South African financial institution reduces waste and errors with Lean Six Sigma . <http://www.guidonps.com/industry-news/south-african-financial-institution-reduces-waste-and-errors-with-lean-six-sigma>
- [6] Agence Marocaine de Développement des Investissements, communiqué du 07/05/2011, INMAA, une usine modèle pour les PME marocaines
- [7] Adama Wade, Les Afriques - N° 83 - 9 au 15 juillet 2009 L'après crise a déjà commencé dans les banques
- [8] Entreprendre.ma, 2012, Lancement de l'Université Lean 6 Sigma au Maroc, Jeudi 24 mai 2012. http://www.entreprendre.ma/Lancement-de-l-Universite-Lean-6-Sigma-au-Maroc-Jeudi-24-mai-2012_a5663.html
- [9] Xavier Amoros, 2102, La durabilité est la nouvelle frontière du Lean 6 Sigma, les Ecos.fr <http://lecercle.lesechos.fr/entreprises-marches/management/leanmanagement/221144556/durabilite-est-nouvelle-frontiere-lean-6-si>

Physico chemical Characterization of Playgrounds Soils of public Schools in Owerri Metropolis, Imo State, Nigeria

Evelyn N. Verla¹, Horsfall M. Jnr², and A.I. Spiff³

¹Department of Environmental Technology,
Federal University of technology, School of environmental technology,
Owerri, Imo State, Nigeria

²Department of Pure and Industrial Chemistry,
University of Port Harcourt, Choba, School of Natural and Applied Sciences,
Port Harcourt, Rivers State, Nigeria

³Department of Chemistry,
Imo State University, Owerri,
P.M.B.2000, Imo State, Nigeria

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Soil characteristics and metals contents are important components for playground safety, but these are lacking in third world countries. In the present study thirty six soils samples from nine preselected public schools playgrounds were characterized using standards methods. Results revealed poorly equipped and maintained playgrounds with pH < 7 for all playground soils indicating acidic soils while organic matter ranged from Ikenegbu primary school (0.2 %) to World Bank Primary school (2.8%), sodium adsorption ratio ranged from Model Nursery school (0.41 (Cmolkg⁻¹)⁰⁵) to Shell camp primary (0.77 (Cmolkg⁻¹)⁰⁵). Other physicochemical characteristics had values comparable to those of typical acid sand derived soils whose textural class is sandy loam. Electrical conductivity varied widely amongst playgrounds ranging from Housing Estate primary school (3.2 S/cm) to Shell Camp Primary school (9.5 S/cm) indicating presence of some soluble inorganic salts. These soils characteristics therefore constitute major favorable conditions for the release of toxic metals in the soil or runoffs.

KEYWORDS: Characteristics, visual, soil, playgrounds.

1 INTRODUCTION

Over the past few decades environmental quality of urban soil has been closely related to human health and so people have become more concerned about the potential pollution of soil around them [1, 2]. Soil pollution arising from socio-economic activities of man may threaten human health if not properly checked [3]. Knowledge of soil characteristics and heavy metal levels is important for safety policy formulation and awareness in children playground. Soil characteristics such as pH, exchangeable properties and base saturation are influenced heavy metal contents. Solubility and percolation of heavy metals into deeper horizons are increased by low pH. Children are perhaps the worst hit due to a lot of factors militating against them ranging from small size to childhood vulnerability and contents of airborne particles originating from soil [4]. Children's nervous and digestive system are still developing and so are susceptible to metal and organic substance intake [5]. Children have the propensity to explore the world through their mouth. They are exposed to heavy metals via absorption through skin, food, ingestion of treated materials e.g. wood, contaminated soil and inhaling of contaminated air. Infant and children are particularly susceptible to neuron-toxicological damage from metal exposure throughout their ongoing intellectual development. The following factors aggravate metal toxicity particularly in children [6, 7].

Heavy metals refers to a hazardous [8] group of metals and metalloids with a specific gravity that is at least 5 times that of water [9] often toxic even at low concentrations, bioaccumulative and non biodegradable [10].

Unlike most organic pollutants, heavy metals are elements which occur naturally in the earth's crust are influence by physicochemical characteristics of soil. They are therefore found naturally in soils and rocks with a subsequent range of natural background concentrations in soils, sediments, waters and organisms. Anthropogenic releases can give rise to higher concentrations of the metals relative to the normal background values, resulting to pollution. The most important anthropogenic release of heavy metals to the environment come from metalliferous mining and smelting, agricultural inputs (pesticides and fertilizers), irrigation and application of sewage water and sludge, fossil fuel combustion and metallurgical industries [11].

Pica behavior has been identified as one major way by which children take in these heavy metals from playground soils [12]. No doubts then that surface soils are most likely to be contacted by children than soils within the profiles.

African children are more likely to perform pica activities than their counterparts elsewhere as a result of hunger, poor parental attention, warm climate that encourages outdoor activities, poor environment and non regulated play at playgrounds. All these factors generally support the existence of a huge gap of knowledge about children playgrounds in Nigeria and Owerri Municipal in particular. Therefore the importance of this work, the first of its kind as far as could be established cannot be overemphasized.

The Focus of this study was therefore to examine some characteristics of soils in surface soils of children's playgrounds and discuss their influence on heavy metals amongst public schools in Owerri municipal.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study area is Owerri municipal in Imo State, southeast Nigeria, bounded by latitudes $4^{\circ}40'1''$ and $8^{\circ}15'1''$ N and longitudes $6^{\circ}40'1''$ and $8^{\circ}15'1''$ E. It lies within the humid tropics. Owerri municipal is one of the three local government areas (LGAs) that make up Owerri city, the capital of Imo state of Nigeria set in the heart of the Igboland. A greater proportion of the land surface of Imo State is of flat topography. The climate of Imo State is typically humid tropics characterized by 9 months of rainfall (rainy season) and 3 months of dryness (dry season) [13]. Rainfall distribution is bimodal and averages about 2500 mm per annum, while the mean annual temperature ranges from 28 to 37°C [14]. The State has rainforest vegetation characterized by multiple tree species. Economic activities are majorly buying and selling while there are no industries involved in large scale production except few printing presses.

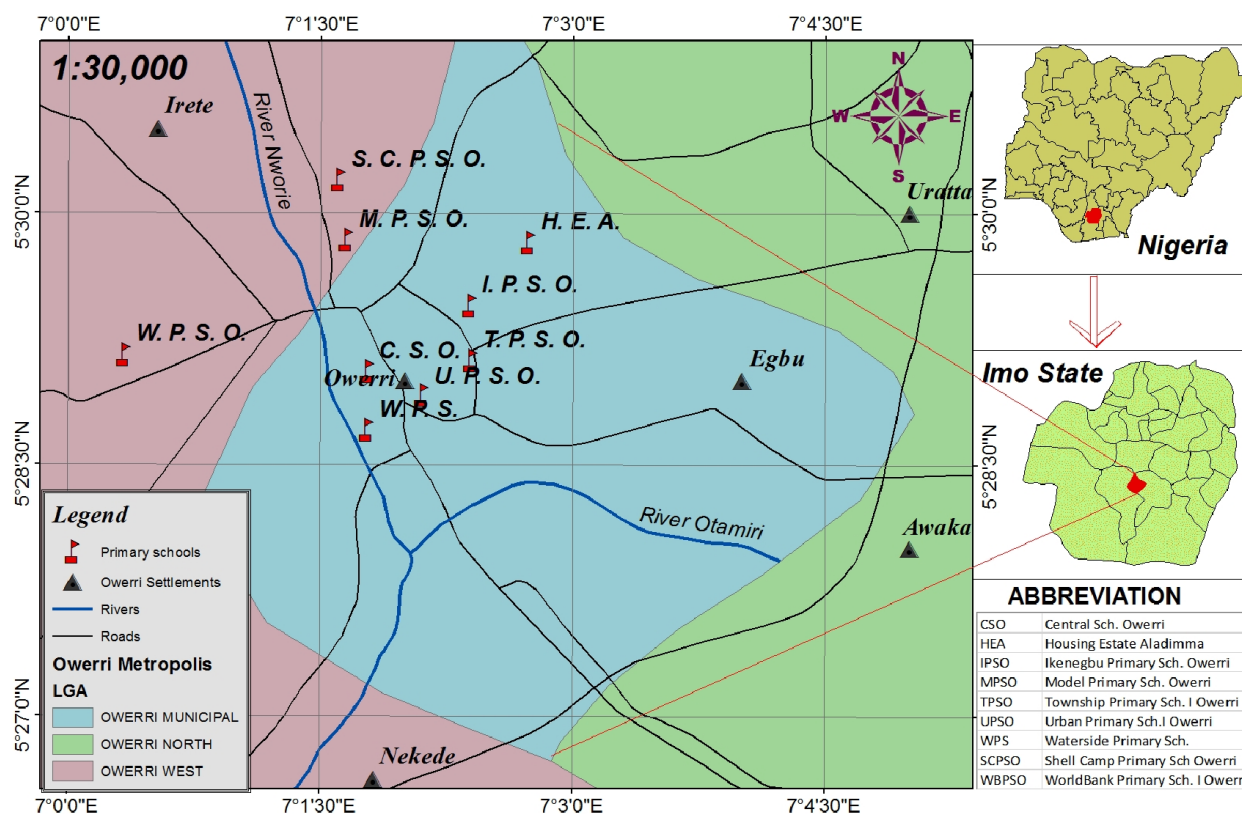


Fig. 1: map of owerri metropolis showing sampling location

2.2 SAMPLING

Nine different sampling sites were taken from playgrounds along major roads connecting Owerri metropolis in Imo state as follows: Surface soil or dust samples at 0-5 cm depth were collected in the months of January (dry season) of 2012. At each sampling site, a "W" shaped line was drawn on a 2 x 2m surface along which samples were collected from five points into previously treated polythene containers using a perforated container to allow water to drain in the rainy season. Samples were sundried for two days, then oven dried at 50°C for 12days; grind in acid-washed porcelain mortar with pestle. The soil samples were pooled together, treated to coning and quartering to obtain a small laboratory sample. The samples were sieved through a 125 µm sieve in order to normalize variations in grain size distributions and then stored in polythene containers with caps till further analysis [15].

2.3 PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

The pH values of the soil samples was determined using a Jenway 3505 pH meter TS-2 in deionized water (50 ml), after stirring the air dried sample portion of 20 g for an hour. Conductivity was determined with a Electrical Conductivity meter. After calibration using standard KCl solution the electrical conductivity was measured by dipping the electrode into the 1:2 soil-water suspension used for pH determination. Particle size was determined by method of Gee and Or, [16,17]. Organic matter content was determined as weight loss after heating sample at 500 °C for 2 hours [17].

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

The data was reported as mean ± standard deviation of three individual readings. The comparison of means of different groups was made using statistical software package SPSS, version 17. Level significant was at $p < 0.05$.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 VISUAL CHARACTERISTICS OF PLAYGROUNDS

Table 1. Visual Characteristics of Playgrounds in the dry season

Play ground	Defined/Undefined	Vegetation	Soil color	Moisture	Soil odor	Constitution	Land use
HEO	Defined	Dry grass patches	Brown	Dry	Odorless	Uniform	Residential Estate
MNO	Defined	Dry grassy Cover	Brown	Dry	Odorless	Debris	Motor park
SCP	Undefined	Bare soil	Reddish	Dry	Odorless	Uniform	Police station
CSO	Undefined	Patches of dry grass	Dark	Damp	Dirty odor	Debris	Ekeonunwa Market
TSO	Undefined	Patches of dry grass	Brown	Dry	Odorless	Debris	Motor park and Banks
WSP	Undefined	No cover	Brownish	Dry	Dirty odor	Debris	River Nworie
WBP	Undefined	Dry grass cover	Reddish	Dry	Dusty odor	Debris	Residential and market
IKS	Defined	Dry grassy	Dark	Dry	Dusty odor	Debris	IMSU and High traffic
UPS	Undefined	Patches of dry grass	Brown	Dusty	Dusty odor	Debris	Busy junction

Table 1 lists the playgrounds and gives description of immediate surroundings. The dominant cover of these playgrounds and types of schools were chosen to obtain a wide coverage of the various types found in the study location. Most playgrounds were dirty and old with dilapidated equipment (when available) showing that little or no attention is paid to these playgrounds. Visual characteristics of all nine playgrounds as could be observed in the dry season show that playgrounds were most often covered by patches of dry grass in the dry season which starts growing with onset of rains. Most playgrounds were dry and dusty in the dry season. The surfaces were usually sandy loam and in a most cases were covered with soil and debris. However, the organic nature of a few playgrounds covers was in contrast to the minerals-based covers such as reddish soil, sand and gravel. This may lead to alteration of retention characteristics of playground cover thus impacting on the occurrence and distribution of pollutant and moisture [18,19]. It was noted that depending on the playground and the number of children in the school most play grounds were small. In most cases playgrounds were an open field with 22% of playgrounds having some kind of curb, demarcating it from the rest of the school open field. Where the number of pupils was high there was less grass and special spots were places under swings. CSO playgrounds had moist sticky and dark soil. Krishna [20] proposed that playgrounds with high moisture are likely to have less heavy metal as a result of leaching processes. Even though all playgrounds in both seasons had debris, it was observed that there was little debris in rainy season. As could easily be observed, children at these playgrounds were from low income parents and continued their play long after school hours. Propelled by hunger and no parental guidance these children frequently involved in pica activities. 40% of playgrounds were covered with grass. This presented little problems on sampling the soil. Whereas 60% were covered with sand there by providing differences in the materials to analyze; this ranged from soil with high mineral content to sandy loam (mineral based).

3.2 PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AND SOIL TEXTURE

Particle size showed that sand was the dominant particle ranging from 63% at HEO to 84% at 1ks. This is not surprising as most soils in the region are predominantly sandy [21]. Loam particle size percent range from 14% at CSO to 26% at HEO while clay particle percent ranged from 03% at TSO to 11% at HEO except for IKS that had zero percent clay. High clay content is responsible for water retention characteristics which in turn causes leaching of pollutants such as heavy metals [22].

Table 2. Particle size distribution and soil texture

Playground	% Sand	% Loam	% Clay	Soil texture
HEO	63	26	11	sandy loam
MNO	74	20	06	sandy loam
SCP	68	24	08	sandy loam
CSO	82	14	04	sandy loam
TSO	79	18	03	sandy loam
WSP	70	23	07	sandy loam
WBP	67	25	08	sandy loam
IKS	84	16	00	sandy
UPS	65	25	10	sandy loam
Mean	72.4±8.17	21.2±4.38	6.3±3.5	sandy loam

Researchers' maintain that smaller particle size is more likely to be inhaled or ingested thereby causing respiratory and associated problems. Smaller particles are associated with high pollutant concentrations [23].

Ogundiran and Afolabi [24] related particle size and heavy metals and concluded that smaller particles have greater total metal concentration than larger particles. It is thus important to encourage the covering of children's playground as these are less likely to be inhaled or accidentally ingested. Larger particles are less likely too to adhere on hands of children thereby further reducing the chances of being ingested by hand-to-mouth activity. All nine playgrounds studied showed high percent sand thereby being advantageous as cover for playgrounds in Owerri municipality. Particle size distribution varied narrowly with sand being the dominant particle. These differences in soil particle size between playgrounds of the same location could be attributed to slight differences in the parent material of soil [25] for playgrounds where sand has been used as a cover. Therefore sand could be periodically replaced with new sand of large particle sizes. The textual class of most playgrounds was sandy loam except for IKS that was sandy.

3.3 PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF PLAYGROUNDS SOIL

Physicochemical characteristics of the investigated playground soils for the dry season are shown on table 3. Playground soils showed temperatures ranging from 23°C to 26°C with CSO and TSO having highest values for the dry season (table 3). Soil temperatures are significant in their influence on soil characteristics. High temperature reduces growth of microorganism, and has been associated with soil acidity [26].

The pH of soils from the nine playgrounds in this study ranged from 4.6 to 5.4 with a mean value of 4.96. All playground soils were acidic pH < 7. This agrees with reported pH values of soils within Imo state. The predominant parent material underlying Imo State from which most of the soils are formed are the coastal plain sands popularly known as "Acid Sands" [27,28]. Soils pHs showed little differences ($p > 0.05$) from one another. It is proposed that this could be the result of same mineralogy [29]. These values represent typical south eastern Nigeria soils in which excessive precipitation which leads to leaching loses of most basic cations [30]. At lower pH metals solubility tends to decrease and absorption reactions become more important than precipitation and complexation reactions. This encourages percolation of metals into deeper soil horizon [31].

Playground soil electrical conductivities (EC) also differed significantly among the nine playgrounds ($p < 0.05$). EC varied widely ranging from 3.2 S/cm at IKS to 5.8 S/cm at TSO. EC values indicate ionic concentration of soils. It relates to dissolved solutes and usually correlates strongly to soil texture and Cation exchange capacity (CEC). The CEC of metals depends on the density of ionic strength of the surfaces of soil colloids and on the relative charges of metal species in soil solution. The low EC is in conformity with the low cation exchange capacity [32]. It is observed that HEO showed an out layer with EC of 8.2 S/cm. Boulding [33] classified EC of soils as: non saline <2; moderately saline 2-8; very saline 8-above; extremely saline >16. From result of the study, the EC is classified as moderately saline since the mean for playgrounds is 5.5 S/cm.

Percent moisture in investigated playground soils ranged from IKS (8.5%) to SCP (11.4%). Generally these values are high compared to values normally reported for soils in the dry season. High soil moisture has been linked to larger soil particles and leaching processes. Moisture has been known to reduce dust while organic matter is effective in trapping moisture [34] Kucheker *et al.*, 2009). Therefore high moisture content of playgrounds is advantageous to children as this reduces chance of ingestion or inhalation.

The extent to which soil constituents can act as cation exchangers is called cation exchanger capacity. Playground soils showed CEC range of 20.66 at CSO to 26.12 at UPS. Values CEC less than 20 mg/kg are low and could be due to highly weathered soils. The mean value of CEC for soils in playground within Owerri municipal is 23.43mg/kg which is considered moderate [35]. These values suggest that soils contained low colloids and organic matter except for WSP and MNO with CEC of 0.84 and 0.97 respectively.

Table 3. Characteristics of investigated soil playgrounds in the dry season

Soil Xteristics	HEO	MNO	SCP	CSO	TSO	WSP	WBP	IKS	UPS	Mean
Temp (°C)	24	25	24	26	26	23	24	23	25	24.44±1.13
pH	5.4	4.8	4.8	5.2	4.5	4.7	5.4	5.2	4.6	4.96
EC. (S/cm)	3.2	4.8	4.5	4.7	8.2	5.7	4.7	5.8	3.6	5.5
Moisture (%)	10.7	9.2	11.4	10.3	8.9	9.1	8.7	8.5	9.2	9.56
O.M (%)	2.2	2.4	1.4	1.4	1.2	2.3	2.8	0.2	1.8	1.74
Na ⁺ (mg/kg)	1.5	1.20	1.96	1.38	1.98	1.33	1.58	1.58	1.75	1.58
K ⁺ (mg/kg)	5.28	6.00	5.68	3.78	5.67	5.42	4.82	8.90	5.33	5.65
Mg ⁺⁺ (mg/kg)	7.77	8.62	7.83	7.25	7.65	7.84	7.76	6.33	9.32	7.82
Ca ⁺⁺ (mg/kg)	8.35	8.37	7.96	8.25	8.69	6.58	9.56	8.88	9.72	8.48
CEC	22.9	24.19	23.43	20.66	23.99	21.17	23.72	25.69	26.12	23.54
Ca/Mg	1.07	0.97	1.01	1.11	1.14	0.84	1.23	1.40	1.04	1.09
SAR(Cmolkg ⁻¹) ⁰⁵	0.52	0.41	0.52	0.50	0.69	0.49	0.54	0.57	0.56	0.53

EC: electrical conductivity; OM: Organic matter; CEC: cation exchange capacity

Table 4. Characteristics of investigated soil playgrounds in the dry season

Soil Xteristics	HEO	MNO	SCP	CSO	TSO	WSP	WBP	IKS	UPS	Mean
Temp (°C)	25	24	25	27	28	25	25	26	26	25.67
pH	5.9	6.3	6.7	5.8	5.7	6.2	6.4	5.8	5.3	6.01
EC. (S/cm)	8.2	6.8	9.5	4.7	8.2	5.7	4.7	5.8	3.6	6.4
Moisture (%)	20.2	16.2	21.4	18.3	16.4	14.3	18.7	18.2	16.8	17.83
O.M (%)	1.2	1.8	0.8	1.6	1.2	1.3	1.5	0.2	1.8	1.27
Na ⁺ (mg/kg)	1.85	1.72	1.96	1.38	1.55	1.12	1.27	1.49	1.98	1.59
K ⁺ (mg/kg)	5.71	6.55	6.78	7.78	6.62	5.92	5.89	7.71	7.83	6.69
Mg ⁺⁺ (mg/kg)	7.74	7.89	6.42	5.98	7.60	7.38	7.75	7.30	8.65	7.41
Ca ⁺⁺ (mg/kg)	7.30	7.87	6.42	7.90	7.60	6.98	7.76	8.23	8.52	7.62
CEC	22.06	24.03	21.58	23.04	23.37	21.40	22.67	24.73	26.98	23.32
Ca/Mg	0.94	0.99	1.00	1.32	1.00	0.87	1.00	1.13	0.98	1.03
SAR(Cmolkg ⁻¹) ⁰⁵	0.68	0.62	0.77	0.52	0.56	0.42	0.46	0.53	0.65	0.58

The mean percent organic matter for public schools playground soils in Owerri municipality was 1.51. However the range of OM was 0.2% from IKS to 2.8% at WBP. This significant variation could be due to the fact that IKS soil had predominantly sand (mineral base) whereas WBP playgrounds were close to dumpsites. Organic matter in soil usually range from 1-10% [36] and may encourage absorption of heavy metals onto reactive sites of humic acids such as carboxylic acids. As a result of the significance of organic matter in metal adsorption, organic matter has been used as a simple pollution index for soil [37]. High organic matter invariably shows increasing metal contents in the soil. All playgrounds showed OM values typical of coastal plains acid sand derived soils.

Calculated Ca/Mg ratios for MNO (0.97) and WSP (0.84) playgrounds were bellow unity in the dry season while HEO (0.94), MNO (0.99), WSP (0.87) and UPS (0.98) where equally bellow unity in the rainy season. Ca/Mg ratios above unity indicates that soils are strongly weathered a characteristic of tropical soils. However, calcium and magnesium values were much similar while values for potassium were generally lower for all playgrounds except for IKS (8.90 mg/kg).

3.4 SODIUM ABSORPTION RATIO

Sodium is one of the most studied elements because of its toxic effects both to soil texture and crops. High concentration of sodium disperses soil colloidal particles (destroying soil structure), rendering the soil hard and resistant to water

penetration. In the presence of moisture and exchangeable sodium, clay particles disperse rather than cling together as small peeps (friable soil aggregates). This reduces water movement (permeability) and aeration in the soil. Soils with a poor structure will have a coarse blocky or powdery texture and surface crusts will form after rain or irrigation.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}} \quad (1)$$

The sodium adsorption ratios were calculated according to equation 1. SAR ranged from 0.41 at MNO to 0.69 (Cmolkg⁻¹)⁰⁵ at TSO in the dry seasons and from 0.42(Cmolkg⁻¹)⁰⁵ at WSP to 0.77(Cmolkg⁻¹)⁰⁵ at SCP in the rainy seasons. The mean of SAR for all nine playgrounds in Owerri was 0.56. This value is much lower than typical range of 2.17-8.0 (Cmolkg⁻¹)⁰⁵. The reason for this is not yet understood. Higher values of SAR indicate loamy sand, clay loam and clay soil [37]. However, values of adsorption ratios showed in table 3 and 4 indicate that the textual class was neither of the above class. This agrees with the textual class established through particle size distribution. The adsorption of sodium causes the release of calcium in order that soil can maintain its electrical neutrality. In view of this, the sodium adsorption ratios was low hence a corresponding high value of calcium in the soils. Sodium adsorption ratio is of increasing importance as an index for measuring salinity. Threshold value reported in literature is 12 (Cmolkg⁻¹)⁰⁵ [38]. Comparing results of this work with this value shows that playground soils in Owerri municipal have very low SAR.

4 CONCLUSION

Soil physicochemical parameters were comparable to values reported by other workers and background values, suggesting that soils have not been polluted while values of determined parameters represent typical south eastern Nigeria soils with excessive precipitation. Further investigation is deemed necessary to study the sites that may require urgent attention and periodic studies are recommended in other to procure enough data for planning.

ACKNOWLEDGMENT

This work is completed as part of PhD thesis in the department of Pure and industrial chemistry, University of Port Harcourt. We thank members of the Research in Analytical Chemistry and Environment Pollution Studies (RACEPS) and Doctoral students of Professor M. Horsfall Jnr and Professor A. I. Spiff.

REFERENCES

- [1] W.L.Annao, D. A. K.Nurdans, C. C.Cheung, W. Mingh, "Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and Its Human Health Implications in Southeast China." *Environmental science and technology*, vol. 42, no. 7, 2671- 2680, 2008.
- [2] H. M. Zakir, N. Shhikazono and K. Otomo, "Geochemical Distribution of Trace metalsand Assessment of Anthropogenic Pollution in Sediments of Old Nakargawa River, Tokyo, Japan." *American Journal of Environmental Sciences*, vol. 4, no. 6, pp. 654-665, 2008.
- [3] J. Sheppard, Environmental Toxic: Growing up on chemical- Our children's Toxic Environmental. 2005 <http://www.healthychild.com>. 5th May 2013
- [4] J. W. C. Wong and N. K. Mak, "Heavy metal pollution in children playgrounds in Hong Kong and its health implications." *Environmental Technology*, no.18 pp. 109–115, 1997.
- [5] C. F. Bearer, "Environmental health hazards how children are different from Adults: The future of Children Critical issuesfor Children and Youths." Vol. 5, no. 2. 1995. Sumer/ fall.<http://www.futureofchildren.org/pubs-info> 28-25/pubs-info.htm? docid=70953.
- [6] H.W. Mielke, "Multiple metal accumulation as a factor in learning achievement within various New Orleans elementary school communities," *Environmental Research*, vol. 97 no. 1 pp. 67-75, 2004.
- [7] D. Jarosinska, M. Biesiada and M. Miszynska-Grace "Environmental burden of disease due to lead in Urban Children from Silesia, Poland. *Science of the Total Environment*, vol. no. 367 pp. 71-78, 2006.
- [8] K. Ljung, O. Schinus and E. Otabbong "Metal in soil of children's Urban environment in the small northern European city of Uppsala," *Science of the Total Environment*, vol. 366 no. 2-3 pp. 749 – 759, 2006.
- [9] M. Horsfall, (Jnr.) and A.I. Spiff, "Speciation and Bioavailability of Heavy Metals in Sediment of Diobu River, Port Harcourt, Nigeria," *European Journal of Scientific Research*, vol. 6 no. 3 pp. 20-36, 2005.

- [10] W. Zhu, B. Bian and L. Li, "Heavy metal contamination of road – deposition sediment in a medium size city of China." *Environment Monitoring and Assessment*, vol. 147, no. (1-3), pp. 171-181, 2008.
- [11] A.O.Ano, A.S Odoekelem and P.O. Ekwueme "Lead and Cadmium Levels in Soils and Cassava (*Manihot Esculenta* Gnantz) Along Enugu Port Harcourt Expressively In Nigeria" *Electronic, Journal of Environment, Agriculture and Food Chemistry*, vol. 6 no. 5, pp. 2024 – 2031. 2007.
- [12] A. K. Krishna, and P. K. Govil, "Soil contamination due to heavy metals from an industrial area of Surat, Gujarat, Western India. *Environ Monit Assessment*, no. 124, pp. 263–275, 2007.
- [13] H.W. Mielke, M.A.S. Laidlaw and C. Gonzales, "Lead (Pb) legacy from vehicle traffic in eight California urbanized areas: continuing influence of lead dust on children's health," *Science of the Total Environment*, vol. 423. No. 2-3 pp. 856-862, 2010.
- [14] E.U. Onweremadu, J.U. Amaechi and B.N. Ndukwu, "Vertical Distribution of Cadmium and Lead on Soils Affected by Metropolitan Refuse Disposal in Owerri, Southeastern Nigeria," *Iranica Journal of Energy and Environment*, vol. 2 no. 1 pp. 62-67, 2011.
- [15] Q. M. Jaradat, K.A Monani, "Contamination of roadside soil, plant and air with heavy metal in Jordan, a comparative study" *Turkish Journal of Chemistry*, vol. 23 pp. 209-220, 1999.
- [16] G.W. Gee, and D. Or, Particle size analysis, part 4. Physical methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 5, ASA and SSSA, Madison, W.I., pp. 255-293, 2002.
- [17] B. W. Tukura, J.A. Kagbu and C.E. Gimba. "Correlation Analyses of Organically Bound Trace Metals and Sediment in Kubanni, Dam, Zaria, Nigeria." *Journal of Environmental Science and Technology*, no. 4 pp. 437-443, 2011.
- [18] X. Wang, T. Sato, B. Xing, and S. Tao, "Health Risks of Heavy Metals to the General Public in Tianjin, China via Consumption of Vegetables and Fish." *Science of the Total Environment*, no. 350 pp. 28-37, 2005.
- [19] O.E. Popoola, O. Bamgbose, O.J. Okonkwo, T.A. Arowolo, O.Odukoya and O. Popoola, "Heavy Metals Content in Playground Topsoil of Some Public Primary Schools in Metropolitan Lagos, Nigeria" *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, vol. 4 no. 4 pp. 434-439, 2012.
- [20] E. De-Miguel, I. Iribarren, E. Chacon, A. Ordonez, S. Charlesworth, "Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain)," *Chemosphere*, no. 66 pp. 505–513, 2007.
- [21] S.A. Osakwe and F. Egharevba, "Sequential fractionation of cadmium, copper, lead and chromium, in soils around municipal solid waste dumps in Agbor, Nigeria," *Journal of Chemical Society of Nigeria*, vol. 33 no. 2 pp. 139-147, 2008.
- [22] O.O. Aluko, and P.A. Oluwande. "Characterization of Leachates from a Municipal Solid Waste Land Fill Site in Ibadan, Nigeria". *Journal of Environmental Health Research*, Vol. 2 pp. 83-84, 2003.
- [23] C.A.Biney, A.T.Amuzu, D. Calamari, N. Kaba, I.L Mbome, H. Naeve, P.B.O. Ochumba, O. Osibanjo, V. Radegonde, And M.A.H Saad,. "Review of heavy metals in the African aquatic environment," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 28 no. 2 134-159, 1994.
- [24] O.O. Ogundiran and T.A. Afolabi, "Assessment of physicochemical parameters and heavy metal toxicity of Leachates from municipal solid waste open dumpsite," *International Journal Environment*, vol.5 no. 2 pp. 243-250, 2008.
- [25] S.L Ng, "Heavy metal contents and magnetic properties of playground dust in Hongkong," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 89 no. pp. 221-232, 2003.
- [26] M. Aliyu, Y. I. Zakari, I.G.E. Ibeanu, and T.C. Akpa, "Evaluation of lead concentration levels of children's playground in Kaduna state schools," *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 2 no. 2 pp.105 – 109, 2009.
- [27] S.O. Orajaka, *Geology. In: Nigeria in maps: Eastern States*. in: Ofomata, G. E. K. (Ed.). Ethiope Publishers. Benin city Nigeria, 5-7. 1975.
- [28] O. E. Orisakwe, J. K. Nduka, C. N. Amadi, D.O. Dike, and O. Bede, "Heavy metals health risk assessment for population via consumption of food crops and fruits in Owerri, South Eastern, Nigeria" *Chemistry Central Journal*, vol. 6 no.77 pp. 231-238 2013.
- [29] W. Mielke, "The Urban environment and children's health: soils as an integrator of lead, zinc and cadmium in New Orleans, Louisiana, USA," *Environmental research*, vol. 81 no. 2 pp. 117-129, 1999.
- [30] A.D. Miller, D.R. Keeney, *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI., 224, 1999.
- [31] C.N. Mbah and M.A.N. Anikwe, "Variation in heavy metal contents on roadside soils along a major express way in South east Nigeria," *New York Science Journal*, vol. 3 no. 10 pp. 106-110, 2010.
- [32] B.J. Alloway, *Heavy Metal in solid*, 2nd edition, Blackie and Sons, Glasgo, pp. 96- 153, 1995.
- [33] J.R. Boulding, *Description and Sampling of Contaminated Soils*. 2nd edn. Lewis Publishers: New York, NY.1994.
- [34] D. Singh, P.K. Chhonkar, R.N. Pandey, *Soil, plant & water analysis – A method manual*. IARI, New Delhi. 1999.
- [35] C.S Chukuma, "Evaluating Baseline data for Trace elements, pH, organic matter content and bulk density in agricultural soils in Nigeria," *Water, air, soil pollution*, no. 86 pp.13-34, 1996.

- [36] B. J. Alloway, and D. C. Ayres, Chemical principles of Environmental pollution, 2nd edition, Blackie Academic and professional, London. pp. 157 – 245. 2002
- [37] N. P. Finžgar, D. L. Tlustoš, "Relationship of soil properties to fractionation, bioavailability and mobility of lead and zinc in soil" *Plant Soil Environment*, vol. 53, no. 5 pp. 225–238, 2007.
- [38] S. Mohsen, R. Majid and B. G. Khabbaz, "Prediction of Soil Exchangeable Sodium Percentage Based on Soil Sodium Adsorption Ratio," *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, vol. 5 no. 1 pp. 01-04, 2009.
- [40] E.U. Onweremadu, "Physico-chemical characterisation of a farmland affected by wastewater refuse dump soil treated with cassava mill in relation to heavy metals" *J. Zhejiang U, Journal of Agriculture and Environmental Technology*, vol. 9 no. 3 pp. 366-372, 2008.
- [41] M.C.H Lim, G.A. Auoko and L. Morawska, "Characterization of elemental and polycyclic aromatic hydro carbon composition of Urban air in Brisbane. *Homospheric Environment*, vol. 39 no. 3 pp. 463 – 476, 2005.

STANDARD LANGUAGE THEORY AND ITS ANALYTICAL APPLICATION ON NEW IDIOMS AND IDIOMATIC EXPRESSIONS IN YORÙBÁ

Dayò Àkànmú

School of Languages, Adéníran Ògúnsànyà College of Education,
Òtò/Ìjànikin, P.M.B 007, Festac Town, Lagos State, Nigeria

Copyright © 2015 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: Theories are organizing principles by which thought processes are clearly set out in such a way that enable various studies to explain issues relating to them explicitly. Over the years, linguists have provided theories that have been used to capture some aspects of language descriptions and analysis. This is owing to the fact that no single theory has been found to capture all of the aspects of language(s) explicitly all of the time. Practitioners of theories have taken them to heights that even the original exponents have never thought of. One of these theories is the theory of Standard Language, the subject matter of this paper. This paper sets out to examine the origin of the theory of standard language, its principles and application on new idioms and idiomatic expressions in Yorùbá with a view to establishing its analytical strength and appropriateness.

KEYWORDS: theory, linguistics, standard language, application, new idioms.

INTRODUCTION

This paper is focused mainly on the use of theories and their application on language related issues especially, the analytical application of the standard language theory on new idioms and idiomatic expressions in Yorùbá. As Adéyemí (2001) rightly put it, theories are organizing principles by which thought processes are clearly set out. In other words, theories which are also the scientific approaches of investigating research works have enabled linguists to explain language in explicit ways. More often than none, linguists have propounded theories that have been used to capture some aspects of language descriptions and analysis. This has to do with the fact that no single language theory has been found to explicitly captured all of the aspects of language or languages all of the times.

In Yorùbá studies, many scholars have applied different linguistic models to discourse analysis. For instance, Òlábòdé (1981) employs structuralism in his study of “metaphor and its allied tropes”; Fámákinwá (1983), applies formalism to Yorùbá poetry; Owólabí (1992) also applies TGG to the analysis of some selected Yorùbá poetic texts. Bámisílẹ̀ (1992) and Àjàyí (1995) also applied the integrated theory of Text-Linguistics. Also in Yorùbá studies, Òlátéjù (1998) made the first attempt at applying TGG tools/principles and concepts to Yorùbá literature across the genres of the novel, play and drama.

In this paper, the theory of standard language developed by Jan Mukarousky (1970) is our preoccupation and the objective is to see how appropriate and useful is its application on the new idioms and idiomatic expressions in Yorùbá.

NEW IDIOMS AND IDIOMATIC EXPRESSIONS IN YORÙBÁ

The Yorùbá language, which Greenberg (1976) has described as ‘Kwa’ and which belongs to the Niger-Kordofanian family of languages is rich in idioms and idiomatic expressions of languages, which is a legacy passed from one generation to another. Today, this legacy transcends those who left it as we now have ‘new idioms and idiomatic expressions’ similar and completely different from the traditional idioms and idiomatic expressions in so many ways.

New idioms and idiomatic expressions constitute another distinctive and vital aspect of language use. The term new idioms is a modern stock expression, formed in response to the needs of the moment arising as a result of the linguistic constraints of the users which consequently necessitates creation of new words and expressions.

New idioms and idiomatic expressions are so called not only because of their complexity which necessitates the overlapping tendencies of their semantic realizations, but also because of their distinctive difference from old, traditional idioms. As a matter of fact, they straddle metaphor and euphemism and also serve as replication of the established Yorùbá idioms both in form and meaning. They are in spoken and written forms and mainly operate at the lexical and phrasal levels. They are also multi-functional because of their semantic unity.

New idioms and idiomatic expressions are created by members of the society or language community either through coining, (creating and recreating of new words and expressions) or by investing old words and expressions with new meanings. New idioms are new, strange, fresh and creative by nature. They are not vague expressions and their origins are also known to the users who are always dazzled whenever they come across them in any context. The following are the lists of some of the new idioms and idiomatic expressions collected and which constitute some of the data for this article:

New Idioms	Literal meaning	Idiomatic meaning
Jẹun sókè	Eat into the upper stomach	Move on/wax stronger
Oṣòdì òkè	A prominent bus stop in Lagos	Busty lady
Àtíkè Qlà	Powder of wealth	Cocaine/heroin
Làkàsòrò	Corrupt coinage of the name 'Iacasera', name of a soft drink	No story/end of discussion
Irin tútù	Cold iron	Gun

APPLICATION OF THE THEORY ON NEW IDIOMS AND IDIOMATIC EXPRESSIONS IN YORÙBÁ

The theory of Standard Language (SL) was formulated by Jan Mukarovsky, a linguist and critic who was very prominent in the 1930's. The theory was formulated to solve the problem of relationship between Standard Language (SL) and Literary/Poetic Language (L/PL). In other words, the theory is about the norms violation. Mukarovsky considered this from this standpoints. First, he wanted to know if the poet is bound by the norm of the standard language and how the norms asserts itself in poetry. For the standard language, on the other hand, he sought to know the extent to which a work of art can be used as data for ascertaining the norm of the standard language. This means that the theory of poetic language is primarily interested in the differences between the standard and poetic language; whereas, the theory of the standard language is mainly interested in the similarities between them. He did not see any conflict in the two directions of research apart from a mere difference in the point of view and in the illumination of the problem. Eventually, he approached the problem from the vantage point of 'poetic language'.

The first problem raises the following questions: what is the relationship between the poetic language and the standard language as well as the place of each in the total or whole system of language? Is poetic language a special brand of the standard, or is it an independent formation? In order to appreciate Mukarovsky's response to those questions and their relevance to this paper, analytical application of this theory on new idioms and idiomatic expressions in Yoruba with a clear distinction between the standard and literary language is necessary.

STANDARD LANGUAGE

According to Mukarovsky (1970), Standard Language (SL) is the language of everyday conversation. Its purpose is the understanding between the speaker and the audience with the aim of enhancing effective communication (Crystal, 1997:68). In standard language, certain linguistic norms must be adhered to for a meaningful communication. In Yorùbá language for example, like most other languages of the world, a normal sentence in Yorùbá has the structural pattern of:

S - V - O
 Subject - Verb - Object

As in

Ọlópàá gba ègúnjẹ (The police collected bribe)
 police collected bribe

In the example, the subject is 'Ọlópàá' (the police), the verb is 'gba' (collected), while the object is 'ègúnjẹ' (bribe). 'Ọlópàá' (the police), is the doer of the action expressed by the verb 'gba'. The object, 'ègúnjẹ' (bribe), suffered the action of the verb. Thus, any attempt to shift any of the constituent elements in the S.V.O. sentence structure of the Yorùbá language will lead to ungrammaticality, and meaning may be destroyed.

Language of ordinary discourse is casual and devoid of ornamentation. It is unexamined and uncritical. It does not draw attention to itself or open up provocative questions to the nature of its coding. It is often used in schools, on radio, during political campaigns and preaching. The point to note here is that, as far as standard language is concerned, effective communication is its priority which calls for employment of words and phrases that can be fully comprehended. Therefore, to enhance undistorted communication in Standard Language, language must be properly used and in conformity with the entire linguistic norms. When this is fairly done, meaning will not be hidden to listeners because of the regularity of its usage. In other words, standard language (SL) automatizes or conventionalizes in a way that the communicative values of the language are enhanced. In standard language, foregrounding is logically prohibited but this is not to say that foregrounding is not visible in SL as Mukarovsky indicates its possibility in journalistic language where it can be used as subordinate to communication in order to draw the readers' attention more closely to the issue at hand or the item of information articulated. Therefore, when a new expression is used in ordinary discourses, it is instantaneously automatized by the exact description of its meaning. For a clearer understanding of the theory of standard language, it is therefore pertinent at this juncture to discuss some of the basic concepts crucial to the theory of standard language (SL) in order to examine how applicable are these concepts in the analysis of new idioms and idiomatic expressions in Yoruba. These include: backgrounding and automatization.

BACKGROUNDING

The term 'backgrounding' is what Mukarovsky (1970) called 'unmarked form', which simply means the form of the surrounding is relatively unnoticed because it is not everyday communication. Mukarovsky stressed further that the language of everyday serves as the background for literary language. In other words, Standard Language can be referred to as the linguistic pool from which the literary artists draws his resources. As a matter of fact, backgrounding does not use ornament so that understanding may not be impaired between the speaker and the audience. The excerpts below (new idiom) from the utterance of a conductor at a particular bus stop in Lagos, a line from one of the recorded musical video tapes of King Sunny and another common expression by the users of the new idioms vividly exemplified a concept of backgrounding:

- (i) Oṣòdì Òkè!
 Oṣòdì Òkè ló ní lọ!
 Oṣòdì Òkè rè é!

Oṣòdì Òkè
 It is going to Oṣòdì on the bridge!
 Here is Oṣòdì Òkè bus!

- (ii) -----
 Oṣòdì Òkè tí ní mì jólójóló
 Oṣòdì Òkè that dangles admiringly

- (iii) Àgbàlágbi tó ju àgbàlágba lọ
 (A more superior elderly person)

Looking at the content of (i), which is a shout out of a particular popular bus stop/location in Lagos - 'Oṣòdì Òkè', it is clear that no single element needs further explanation as regards meaning. because the expression is in standard Yorùbá. Whereas, *Oṣòdì Òkè* in (ii) has been de-automatized to have a new meaning (a busty lady), different from its original meaning in (i) which is 'a particular popular location in Lagos'. It is important to note that without (i) there can never be (ii) because 'Oṣòdì Òkè' in (i) serves as the background to (ii).

However, in (iii), the expression '*àgbàlágbi*' does not exist in the Yorùbá lexicon but '*àgbàlágba*' meaning 'the elderly'; but apart from the fact that '*àgbàlágbi*' is a foregrounded form of '*àgbàlágba*', it is used here as an idiom for which *àgbàlágba* is the background. In other word, '*àgbàlágba*' serves as the background for '*àgbàlágbi*' which means 'a more elderly person'. The expression is used to praise and sometimes to request for favour from somebody who may not necessarily be an elder in the real sense of it but possesses all the attributes of an elderly person which include - experience, maturity, wisdom, knowledge and material goods respectively.

AUTOMATIZATION

Mukarovsky (1970: 19) described Automatization as one of the principles of Standard Language where the linguistic elements are automatized. According to him, the linguistic elements are de-automatized and so do not attract attention. Objectively speaking, automatization schematizes an event. They simply communicate. Also, in Automatization, language is not aesthetically explored; rather, the norms of the language are strictly adhered to. It is indeed precise and methodical; and also not critical about the linguistic coding like the type of expression used in the language of everyday discourse. For instance, below are examples of the automatized expressions in Yorùbá from the advert of a non-alcoholic soft drink called 'Lacasera' on Ray Power radio station in Lagos and excerpt from one of the musical records of Wàsiù Àlàbí Pàsómà

- (i) ... Làkàsèrà tí a fi èso Apù ẹ̀ dára fún iwọ̀ àti ẹbí ẹ̀.
Ẹ́ máa mú u.

(...Lacasera that is made from the apple fruit is good for you
and your family. Endeavour to drink it)

- (ii) ... Ẹ́ jẹ́ kan máa bú mí
'Làkàsórò' fáwọ̀n tó n bà mí í jẹ́ ẹ́.
Kán máa bú mí, kò sọ̀rọ̀ fáwọ̀n tí n bà mí jẹ́ o o.

(Allow them to abuse me.
There is no response for my detractors
Let them abuse me, no response for my detractors)

In the above, especially (i), there is no linguistic element that is violated; the expression is precise and systematic. It is clearly understood like the language of day-to-day conversation because the structural pattern conforms to the norms of the Standard Language and the meaning is not distorted. However, as Mukarovsky rightly pointed out that foregrounding may occur not only in poetic language but also in everyday language where it is sporadic and lacks systemic design, the example of new idiom in (ii) has been deliberately de-automatized to have other deeper meaning different from (i) for stylistic effect. While 'Lacasera' in (i) is a soft drink, the one in (ii) is interpreted as '*no response/no reply/end of discussion* respectively.

By and large, in the course of language use, examples abound where idioms and idiomatic expressions, whether old or new are used, especially in literature. In a situation where this happens, the kind of language produced is literary language (LL).

LITERARY LANGUAGE

Literary language (LL) is simply called the language of literature. It is also sometimes referred to as poetic language because of its special nature; it is remarkably different from the Standard Language (SL). Literary language cannot be called a brand of the standard because it has at its disposal, from the standpoint of lexicon, syntax, etc. all the forms of the given language but rather, 'a stylistic variation of standard language as confirmed by O'ájẹ́jú (1998). However, the fact that poetic

language is a stylistic variation of the standard is not to deny the close connection between the two, which consists in the fact that for poetry, the standard language is the background against which is reflected the aesthetically intentional distortion of the linguistic components of the work. In other words, the intentional violation of the norms of the standard language is what makes possible the poetic utilization of language and that without this possibility, there would be no poetry. The more the norm of the standard is stabilized in a given language, the more varied can be its violation, and therefore the more possibilities for poetry in that language. On the other hand, the weaker the awareness of this norm, the fewer possibilities of violation, and hence the fewer possibilities for poetry.

Based on the foregoing, the users of new idioms and idiomatic expressions may not necessarily be literary artists such as poets, playwrights or novelists, they may however, be given credit for using language creatively in their different professions. This assertion is corroborated by Crystal (1997:72) thus:

Poets are not the only ones who push language beyond its normal limits. All who engage in literary or quasi-literary activity, from novelists and dramatists to journalists and commentators, face similar problems.

Crystal's view illuminates the curious stance of some people over the use of new idioms and idiomatic expressions even for news reportage on radio and television by the contemporary reporters who are also conscious of the fact that their professional responsibilities go beyond a mere reporting but also entertainment. In doing this, they need to use new idioms to draw people closer to them. However, for a better understanding of this aspect of the theory, it is also important to discuss some of the vital principles of the literary language (LL) and how appropriate they are for analysis of new idioms and idiomatic expressions in Yoruba. These principles include - Foregrounding, de-automatization and deviation.

FOREGROUNDING

Mukarovsky defines 'foregrounding' as a technique for 'making strange' in language, or to extrapolate a method of 'defamiliarisation' in textual composition. It is a form of textual patterning which is motivated specifically for literary aesthetic purposes. Foregrounding typically involves a stylistic distortion of some sort, either through an aspect of the text which deviates from a linguistic norm or, alternatively, where an aspect of the text is brought to the fore through repetition. To him, the function of poetic language consists in the maximum foregrounding of the utterance. Foregrounding is the opposite of backgrounding and is synonymous to de-automatization. The more an act is automatized, the less conscious it becomes for that act to be interpreted; the more it is foregrounded, the more completely conscious does it become for that act to be executed or interpreted.

Fabb (1997:13) refers to foregrounding as 'a marked form'. That is, a form which is distinctive, standing out from its surroundings, and drawing attention to itself. It has its root in the word '*actualisace*' which in Zech language means the use of certain devices with which an act of expression is pushed to the foreground such that language draws attention to itself. Foregrounding is also a very common feature of artistic communication where a work of art deviates from the rules of a language which users have adopted in the medium and that anyone who wishes to carry out research on its value as a work of art must focus on the aspect of curiosity and surprise, rather than on the automatic pattern (Leech, 1968:57). This obviously invokes the resemblance of a picture seen against a backgrounding.

Mukarovsky stresses further that in literary language (poetic), foregrounding achieves maximum intensity to the extent of pushing communication to the background as the object of expression and of being used for its own sake; it is not used in the service of communication but in order to place in the foreground the act of expression, the act of speech itself. In his contribution to the issue of foregrounding, Crystal (1997) is also of the opinion that foregrounding is an art that results in 'defamiliarization' which is also synonymous to 'enstrangement' whose fundamental function as an art is to make people see the world in a new way. In other words, defamiliarization means 'making strange'. This implies that the way to make the world strange through the text is by foregrounding certain aspects or features of the work. In simple terms, LL emphasizes the interest and surprise a work of art brings rather than the exhibition of the automatic pattern.

If this assertion is true of LL, then foregrounding is nothing but 'bringing to the fore' or 'bringing to attention' or 'making new' as highlighted in the new idioms and idiomatic expressions below:

- (a) - jẹun síkùn (eat into the stomach)
- (i) - jẹun sáṣò (eat into the pocket)
- (ii) - jẹun sókè (eat into the upper stomach)

From the above, (a) *jẹun sikhùn* is the SL that has been foregrounded as (ai) *jẹun sáṣò'* and (aii) *jẹun sókè'*. In other words, (ai) and (aii) are the artistic forms of (a) *'jẹun sikhùn'*. There is no expression like *'jẹun sáṣò'* and *'jẹun sókè'* but *'jẹun sikhùn'* in the Yorubá language. *'jẹun sikhùn'* is automatized and serves as the background from which *'jẹun sáṣò'* and *'jẹun sókè'* are derived respectively to create a foregrounding effect. *'jẹun sáṣò'* and *'jẹun sókè'* are made new and thus becoming elements of surprise. New idioms of this nature are created for entertainment and communicative effects. While *'jẹun sikhùn'* means 'eat into the stomach', *'jẹun sáṣò'* and *'jẹun sókè'* mean "collect bribe" and "move on/go on" respectively.

It should be noted here that today, the expressions such as *'jẹun sáṣò'* and *'jẹun sókè'* have become very popular among the people to the extent that they are fast becoming a language of everyday usage among the Yorubá. This is not out of place as Mukarovsky himself is of the belief that foregrounding is common even in the Standard Language, especially in journalistic style and, even more, in essay writings.

DE-AUTOMATIZATION

De-automatization, according to Mukarovsky (1970) is the use of devices of language in such a way that it attracts attention. De-automatization is the opposite of "automatization". Automatization schematizes an event while de-automatization violates the scheme. Here, the linguistic elements are foregrounded in a way that they instantly call attention to themselves and as a result of this the rules and conventions of the Standard Language are violated. The violation is deliberate in a curious attempt to achieve both stylistic and semantic effects (Ọpẹfẹyìnṭímí, 1997:68). The essence of the violation is to dazzle the listeners with fresh awareness and also create elements of surprise. Consider the new idioms below:

- (i) Kín ni *ṣóò* ẹ? (What is your show?)
- (ii) Kín ni *lẹfù* ẹ? (What is your level?)
- (iii) Kín ni *lógò* ẹ? (What is your logo?)
- (iv) Má fa *sùrútù* (Don't cause trouble)
- (v) Má da *gòòbe* sílẹ (Don't cause trouble)

In the above, the italicized words in (i) - (iii) , (*ṣóò*, *lẹfù*, and *lógò*) are loaned from the English language 'show', 'level' and 'logo' respectively. The words, despite having other Yorubá equivalents are deliberately and creatively loaned for communicative and aesthetic effects. If their Yorubá equivalents were used, nothing would have appeared new and there would not have been any surprise. The use of this English loan forms or equivalents constitutes 'de-automatization' which is a feature of 'LL'. The automatized or standard language version of the new idioms (i) - (iii) would have been -

- (i) Báwo ni? (How is it?)
- (ii) *Ṣé* o wà? (Are you all right?)
- (iii) Kín ni *órúkọ* rẹ? (What is your name?)

All these are compliments or greetings forms in the Yoruba language. But for the de-automatized versions, the greetings forms have been foregrounded or de-automatized to create stylistic and communicative effects.

The word *sùrútù* is loaned from the Hausa language and creatively used as lexical foregrounding also for communicative and aesthetic effect. If the word *'jàngbòn'*, (trouble/chaos) its SL or automatized equivalent were used, nothing would have attracted attention. In the last example, the word *gòòbe* was first noticed in 2008 in an album entitled *'Lórílẹ'* by one of the Nigerian Hip - hop artists called *'X Project'*. Since then *'gòòbe'* has been creatively used in different contexts by the Nigerian youths to mean *'trouble'*, *'crisis'* and *'chaos'*.

INFERENCE

From the foregoing, it can be deduced that new idioms and idiomatic expressions in Yoruba are contemporaneous and part of modern communication employed to instruct, persuade, abuse, extol and entertain in all areas of life of the Yorubá, even inspite of their sharp departure from the norms of the language which eventually make the application of standard language for their analysis inevitable.

The application of the standard language theory also revealed its suitability and appropriateness as a theory that is capable to explain and interpret the deviant and inventive nature of new idioms and idiomatic expressions which the users have created to achieve aesthetics and communicative effects.

Finally, in this paper, it is revealed that the model has capacity to explain differences between the language of ordinary usage (everyday language) and literary expressions as users of the new idioms and idiomatic expressions may not necessarily be literary artists such as poets, playwrights or novelists. They may however, be given credit for using language creatively in their different professions.

CONCLUSION

In this paper, attention was focused on the analytical application of Standard Language theory on new idioms and idiomatic expressions in Yorùbá with a view to ascertaining its appropriateness as a theory that is capable of capturing an aspect of language description and analysis carried out in this paper. As deduced from the inference, its appropriateness lies not only in the fact that it has capacity to explain deviant and inventive nature of new idioms and idiomatic expressions but also in giving explicit explanation on the *differencia specifica* between the language of ordinary discourse and language of literary discourse. This invariably helped to realize that most of the new idioms used were far from being the language of ordinary discourse (standard language), they were foregrounded in such a way that they called attention to themselves. Also in this paper, inspite of the foregrounding attribute of new idioms and idiomatic expressions, it was established by the proponent of the theory that foregrounded expressions are not totally absent in the Standard Language, especially in journalistic style hence, the pervasiveness of new idioms in every aspect of life of the contemporary Yorùbá youths.

REFERENCES

- [1] Adéyemí, Daramola. (2001) "An Introduction to Linguistics" in Fákòyà, A. and Ògúnpitàn, S. (ed) *The Compendium of English*, Lagos, English Department.
- [2] Àjàyí, Samson. (2005), *African Culture and Civilisation*, Ìbàdàn, Atlantic Books.
- [3] Bámisilẹ̀, Oladele. (1992), *Ìwúlò Lìngúísìkì fún Àtúpalẹ̀ Ewì Yorùbá*, Journal of Y.S.A.N., Special Edition Ibadan, Agoro Publicity Press
- [4] Crystal, David. (1997) *The Cambridge Encyclopedia of Language*, Cambridge University Press.
- [5] Fabb, Nigel. (1997) *Linguistics and Literature*, Oxford, Blackwell Publishers Inc.
- [6] Fámákinwá, John. (1983) *Formalism: Its Application to Yorùbá Poetry*, Thesis, Linguistics, Arts, University of Ìbàdàn, Ìbàdàn.
- [7] Greenberg, Joseph. (1976) *Numeral System, Universal of Roman Language*, Vol. ii, Stanford California: Stanford University Press.
- [8] Leech, Geoffrey. (1968) *A Linguistic Guide to English Poetry*, London, Longman.
- [9] Mukarovsky Jan. (1970) "Standard Language and poetic Language" in Freeman, D.C. (ed), *Linguistic and Literary Style*, Massachusetts, H.R.W.
- [10] Olábòdé, Afolabi. (1882) 'Metaphor and Its Allied Troops', Thesis, Linguistics, Arts, University of Ìbàdàn.
- [11] Olátéjú, Adesola. (1998) *A Syntactic Approach to Literary Discourse Analysis*, Thesis, Linguistic, Arts, University of Ìbàdàn.
- [12] Owólabí, Kola. (1976) *Noun - Noun Construction in Yorùbá Language*, Thesis, Linguistics, Arts, University of Ìbàdàn.

