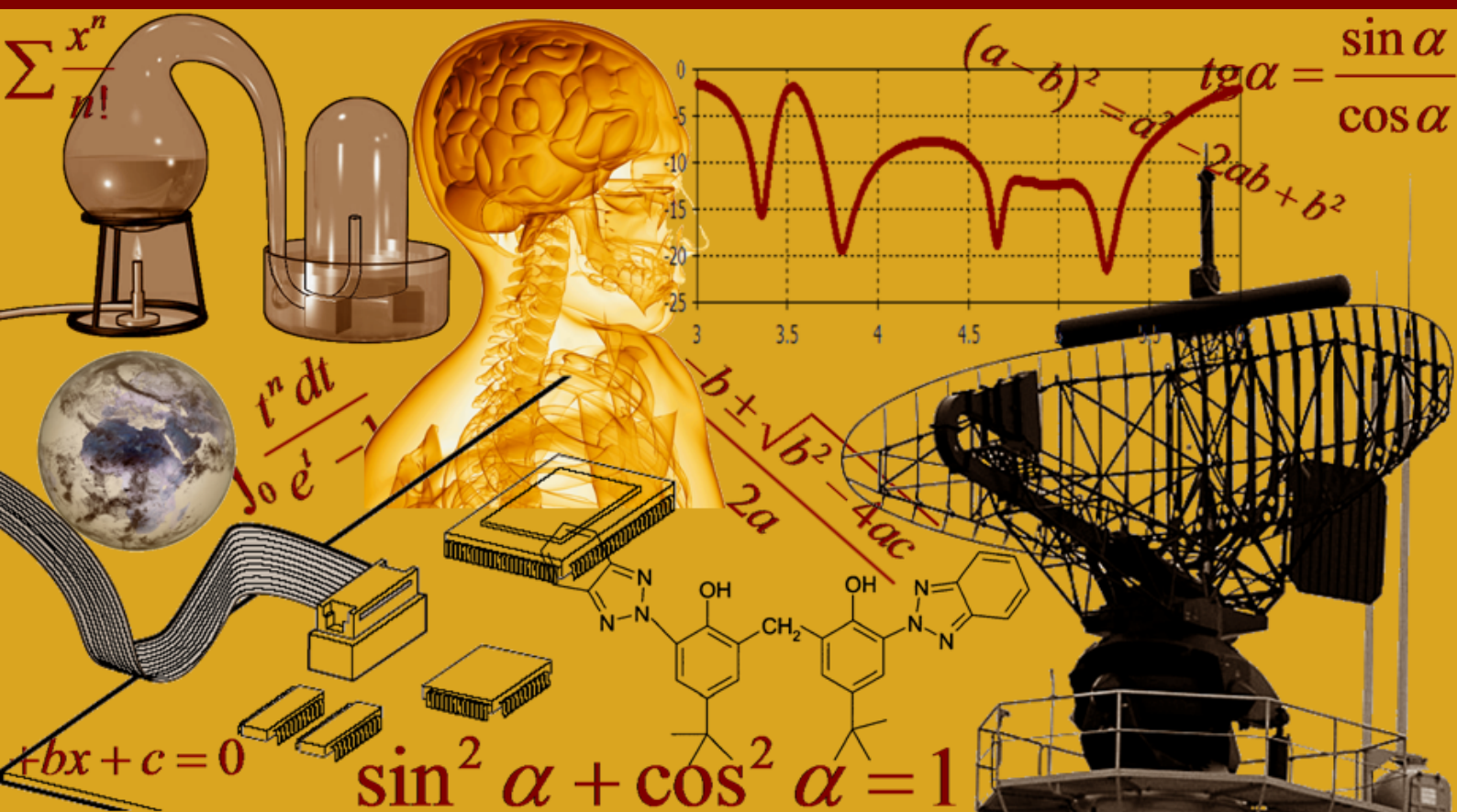


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 18 N. 2 October 2015



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Scientific Research***

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

## Table of Contents

PERCEPTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A BUKAVU ET DANS LES MILIEUX PERI URBAINS ET MESURE D'ADAPTATION	216-223
<i><u>Benjamin KAJIBWAMI CIZA</u></i>	
ANTI-HYPERLIPIDEMIC AND ANTI-WEIGHT GAIN EFFECTS OF KHAYA TEA ON HIGH-FAT-DIET RATS	224-231
<i><u>André Gilles Mache, Valentin Désiré GUIAMA, and Carl Moses F. Mbofung</u></i>	
La forêt de Uma, forêt à haute valeur pour la conservation (FHVC)	232-240
<i><u>Legrand T. Cirimwami, Masinda M. Maombi, John K. Mukirania, Eric K. Wasingya, and Clérisse M. Casinga</u></i>	
Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo)	241-251
<i><u>Justin A. Asimonyio, Jean C. Ngabu, Christophe B. Lomba, Clarisse M. Falanga, Pius T. Mpiiana, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua</u></i>	
Comportement et adaptabilité de quelques variétés biofortifiées du haricot commun ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en conditions agro-écologiques des provinces du Nord et Sud Kivu à l'Est de la RD Congo	252-261
<i><u>C. Mirindi, N. Mbikayi, R. Kijana, K. Elukessu, R. Bakulikira, Koleramungu, E. Mongana, and K. J. A. Rubabura</u></i>	
Renewable Egyptian lignocellulosic materials as alternative raw material for particleboard manufacturing	262-272
<i><u>Salem E. Zayed, Abdel Baset A. Adam, Entesar A. Hassan, and Mohamed A. El-kady</u></i>	
CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES ET ECONOMIQUES DU GROUPEMENT DE LUDUHA EN COLLECTIVITE – CHEFFERIE DE LUHWINDJA EN 2014	273-284
<i><u>Richard BIRINDWA CUBWE</u></i>	
Gestion du risque de liquidité : Problématique du comportement de la clientèle bancaire marocaine	285-296
<i><u>Y. REGRAGUI and Y. AL MERIOUH</u></i>	
The impact of leguminous culture system and sowing dates on the cereal yield in mountainous South-Kivu: Case of Burhale	297-303
<i><u>Clérisse M. Casinga, Legrand T. Cirimwami, Espoir B. Bisimwa, and Gustave N. Mushagalusa</u></i>	
Regards sur l'hygiène, l'assainissement et la santé dans les aires de santé de Kasheke et Tchofi, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo	304-310
<i><u>El Kent Atumishi Mubangu, Jérémie Shukuru Cinyabuquma, Bouchra Bekhat, and Mourad Madrane</u></i>	
Conception d'une grille d'évaluation chiffrée du programme national d'enseignement en République Démocratique du Congo	311-324
<i><u>Innocent Balagizi Karhagomba, Kaningini Mwenyimali Boniface, Isumbisho Mwapu Pascal, Bapolisi Bahuga Paulin, Murhega Mashanda Job, and Banza Nsomwe-A-Nfunkwa Eustache</u></i>	
Synthesis, Characterization, Theoretical studies and Photostabilization of Mefenamic acid Derivative with some divalent metal ions	325-341
<i><u>Adil A. Awad Al-Dulimia, Rehab A. M. Al-Hasani, and Emad A. Yousif</u></i>	
Hybrid Segmentation Algorithm for Detecting Alzheimer's Disease in MRI Images	342-347
<i><u>Reem Alattas</u></i>	
EVALUATION DES CONNAISSANCES DES ELEVES DE LA PREMIERE ANNEE SECONDAIRE SUR L'ENSEMBLE Z DES ENTIERS RELATIFS : CAS DES ECOLES DE GOMA	348-356
<i><u>David Byamungu Wanguwabo, CIBALONZA MULENGEZI, and MAPENDANO BAHAGAZE</u></i>	
Association between serum cytokine levels and severity of chronic obstructive pulmonary disease in Northern India	357-361
<i><u>Seema Singh, S. K. Verma, Santosh Kumar, M. K. Ahmad, Mohd Waseem, S. K. Singh, Anuradha Nischal, and R. K. Dixit</u></i>	
LES LEGUMINEUSES A IMPORTANCE SYLVOPASTORALE DES QUELQUES HAUTES ALTITUDES DU SUD-KIVU	362-368
<i><u>Patrick Habakaramo Macumu, Neville Mapenzi Assani, and Jean-Claude Mwanga-Mwanga Ithe</u></i>	
ECOCRITICAL APPROACH TO LITERARY TEXT INTERPRETATION	369-378
<i><u>NEEMA BAGULA JIMMY</u></i>	
Assessment of Antioxidant Capacity of 16 Cultivars of Sesame ( <i>Sesamum indicum</i> .L) from Different Areas	379-385

<i>Hajar Rizki, F. Kzaiber, M. Elharfi, Abdelghani Nablousi, S. Ennahli, and H. Hanine</i>	
A Portuguese Draughtsman: Francisco de Holanda's Drawing Theory and the case of De Aetatibus Mundi Imagines	386-390
<i>Shakil Yussuf Rahim and Ana Leonor Madeira Rodrigues</i>	
RF CMOS LNA Using Feed-forward Noise and Distortion Cancellation Topology	391-396
<i>Chinmay Pramod Deshpande and Savita R. Pawar</i>	
LA BIO-ÉCOLOGIE DU PETIT ROTIN <i>Eremospatha haullevilleana</i> DE WILD. (ARECACEAE) DANS LA RESERVE FORESTIERE DE YOKO (BASSIN DU CONGO, RD CONGO)	397-406
<i>Nicole SHALUFA ASSANI, Jean de Dieu MANGAMBU MOKOSO, Jean Marie KAHINDO MUHONGYA, Honorine NTAHOBAVUKA HABIMANA, and Jean Pierre MATE MWERU</i>	
Evaluation de l'activité antibactérienne du <i>Salvadora Persicaet</i> leur caractérisation chimique	407-416
<i>Zineb Mammad, Tormal Djassinra, Abderahim Kribij, and Khadija Ounine</i>	
Study and Fabrication of Crystalline Silicon Solar Cell in Bangladesh; Using Thermal Diffusion Technique	417-426
<i>Md. Abdur Rafiq Akand, Mohammad Khairul Basher, Md. Asrafusjaman, Nusrat Chowdhuyi, Atia Abedin, and Mahbul Hoq</i>	
Première récolte de <i>Montagnea arenaria</i> (D. C.) Zeller, Basidiomycète coprinoïde, sécotioïde dans les sables de la région de Kénitra (Maroc)	427-433
<i>Ali Outcoumit, Amina Ouazzani Touhami, Mohamed KHOUADER, Rachid Benkirane, and Allal Douira</i>	
Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou ( <i>Vigna subterranea</i> L. verdc) dans la production des produits de boulangerie	434-443
<i>Séraphin Koffi DIALLO, Doudjo SORO, Youssouf Kisselmina KONE, Nogbou Emmanuel ASSIDJO, Benjamin Kouassi YAO, and Gnakri Dago</i>	

## PERCEPTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A BUKAVU ET DANS LES MILIEUX PERI URBAINS ET MESURE D'ADAPTATION

*Benjamin KAJIBWAMI CIZA*

L.A Physique et étudiant du troisième cycle en environnement,  
Option Gestion durable des sols, Université Evangélique en Afrique (UEA), Bukavu, 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:** Bukavu is one of the cities of the DRC located to the east of the DRC, it is among the cities most vulnerable to climate warming. This study analyzes the trends in rainfall, number of rainy days and average temperatures station NSRF / Lwiro. From the analysis, it appears that rainfall decreases and the number of rainy days when the temperature increases from one year to another and from one decade to another. About their perception on climate change, climate risks and adaptation, a survey was conducted among 447 households selected in a random manner, in the form of Bran. These field results, it appears that the major climate risks identified by residents are the spatio-temporal variability of precipitation, rainfall deficit (drought), excessive heat and the disappearance of some terrestrial and aquatic species. Address the impacts of these risks, people questioned their own ways endogenous adaptation strategies, which are mostly more or less rational and may try to resolve issues related to climate change, it is there, the adoption of renewable energy, reforestation, the fight against deforestation etc. ... further studies, should be conducted to identify with the people of the town of Bukavu pragmatic and sustainable adaptation options.

**KEYWORDS:** perception, climate change, adaptation.

**RÉSUMÉ:** La ville de Bukavu est l'une des villes de la RDC située à l'Est de la RDC, elle est parmi les villes les plus vulnérables face aux réchauffements climatiques. Cette étude analyse les tendances des précipitations, le nombre de jours de pluie et des températures moyennes de la station de CRSN/Lwiro. De l'analyse des données, il ressort que les précipitations diminuent ainsi que le nombre de jours de pluie alors que la température augmente d'une année à une autre et d'une décennie à une autre. Quant à leur perception sur les changements climatiques, les risques climatiques et l'adaptation, une enquête a été menée auprès de 447 ménages choisis d'une manière aléatoire, selon la formule de Bryan (1992). De ces résultats de terrain, il ressort que les risques climatiques majeurs identifiés par les habitants sont la variabilité spatio-temporelle des précipitations, du déficit pluviométrique (sécheresse), les chaleurs excessives et la disparition des quelques espèces terrestres et aquatiques. Face aux impacts de ces risques, les habitants interrogés développent à leur manière des stratégies endogènes d'adaptation, qui sont pour la plupart plus ou moins rationnelles et peut essayer de régler les problèmes liés aux changements climatiques, il s'agit là, l'adoption des énergies renouvelables, le reboisement, la lutte contre la déforestation etc.. Des études plus approfondies, méritent d'être menées afin d'identifier avec ces habitants de la ville de Bukavu des options d'adaptation pragmatiques et durables.

**MOTS-CLEFS:** perception, changement climatique, adaptation.

### 1 INTRODUCTION

Les changements climatiques ainsi que les changements environnementaux constituent l'un des plus grands défis auxquels l'humanité fait face aujourd'hui.

Il est mondialement reconnu et accepté sur le plan scientifique et humain que les changements climatiques sont un phénomène réel aux impacts négatifs récurrents et sources de perturbations économiques et écologiques, dégradant les conditions de vie des populations. Cette vérité est malheureusement vécue au quotidien par les populations des Pays les Moins Avancés (PMA) aux capacités et moyens d'actions limités à cause de la pauvreté qui réduit leurs efforts dans la lutte contre les multiples impacts négatifs des changements climatiques (PANA, 2009).

Le changement climatique, en particulier dans les fluctuations de la pluviométrie, constitue une contrainte majeure au développement agricole. Les années avec une abondance de pluies ne se traduisent pas nécessairement par des conditions d'humidité adéquates pour les cultures en raison de la mauvaise répartition dans les mois pluvieux. Des études empiriques montrent qu'il existe une corrélation entre les précipitations annuelles et le nombre de jours de pluie (FAO, 2007 cité par C. Bucekuderhwa et S. Mapatano, 2013).

Notre article a comme objet, analyser la dynamique du système climatique, des manifestations du climat et de ses impacts sur l'agriculture, au secteur de l'énergie et sur les ressources en eau qui a conduit à l'évaluation de la vulnérabilité, des stratégies d'adaptation et à la proposition des mesures de mitigation.

La situation géographique de la province du Sud-Kivu et la ville de Bukavu en particulier, son relief, la densité de la population et les indicateurs socio-économiques rendent la province et la ville vulnérable aux risques naturels qu'anthropiques.

Les effets du réchauffement du système climatique sont ressentis à globale : hausse des températures moyennes, élévation du niveau moyen de la mer et fonte massive des glaciers continentaux en sont les manifestations les plus visibles (IPCC, 2007).

A Bukavu on observe des réchauffements climatiques liés à la circulation générale des vents, la variation des températures et à la perturbation des saisons.

Par rapport à ces stress climatiques, les populations tentent de s'adapter et de trouver des solutions sur le long terme. Il est maintenant clairement établi que toutes les populations de la ville de Bukavu est plus vulnérables à ces problèmes climatiques avec une forte croissance de la population.

Les changements environnementaux auxquels sont exposées les populations de la ville de Bukavu, débordent cependant des seuls changements climatiques. La définition que donne Smit (2001) de l'adaptation nous paraît donc intéressante en cela qu'elle ne renvoie pas spécifiquement à ceux-ci : « Adaptive capacity refers to the ability to prepare for hazards and opportunities in advance (as in anticipatory adaptation) and to respond or cope with the effects (as in reactive adaptation) ». Cette définition permet ainsi d'envisager l'adaptation comme un processus ayant pour finalité l'amélioration ou le maintien de la qualité de la vie des êtres humains et qui passe par diverses voies, incluant la préservation de l'environnement en général (Magnan, 2009 cité par Vincent Stevinou, 2013).

## 2 MATERIEL ET METHODE

### 2.1 LE SITE D'ETUDE

Cette étude a été menée dans la ville de Bukavu chef lieu de la province du Sud-Kivu située à l'Est de la RDC, sa superficie est de 69130 km<sup>2</sup> et sa population s'élève à 5 369 659 habitants (statistique sanitaire 2011 par OCHA). Bâtie sur les bords du lac Kivu. Ne fut créée en 1925, à l'époque belge et s'appelait Constermansville.

Bukavu est la 7<sup>è</sup> ville du pays après Kinshasa la capitale, Lubumbashi, Kisangani, Mbuji-Mayi, Kananga et Likasi. Elle est limitée : au nord par le lac Kivu, à l'est par la vallée de la Ruzizi, à l'ouest et au sud par le territoire de Kabare qui constitue sa base arrière la plus proche tant en matière première locale qu'en main d'œuvre.

La ville est située à l'Est du pays, dans le rift africain occidental, entre 2°26'-2°33' de latitude sud et 28°49' – 28°51' de longitude Est. A une **altitude** moyenne de 1612m, elle est ainsi la ville la plus élevée du pays. Sa superficie de 62 km<sup>2</sup> s'étend en grande partie sur la terre ferme (43 km<sup>2</sup>) et sur les eaux du Sud-Kivu (19 km<sup>2</sup>). Elle jouit d'un **climat** tropical de basse altitude, subéquatoriale ou tropical humide à saisons sèches (juillet à septembre) et la température moyenne est de 20°C.

La ville de Bukavu comptait 60850 habitants (1960), 848081 habitants (2010), 870954 habitants en 2012 (Mairie de Bukavu, 2014) et actuellement cette population tend vers plus d'un million répartie dans 3 communes urbaines : Bagira, Kadutu et Ibanda avec 13 quartiers (Kasali, Nyamugo, Cimpunda, Mosala, Nkafu, Nyakaliba, Kajangu, Ndendere, Panzi, Nyalukemba, Nyakavogo, Lumumba et Kasha). (Source : hôtel de ville de Bukavu 2014). La commune rural de Kasha été concernée par notre étude ainsi qu'une partie du territoire de Kabare.

Le site de prélèvements CRSN/Lwiro, ce centre est une institution de recherche étatique basé à Lwiro, une localité située à 40 Km au Nord de Bukavu, Il a pour coordonnées géographiques 28° 48' longitude Est 2° 15' latitude Sud et une attitude de 1750m. En juillet 2013 ce centre a bénéficié d'une réhabilitation et les nouveaux matériels et digitaux qui permettront le département de géophysique du centre de fournir des données climatiques fiables.

## **2.2 EVOLUTION DES PRECIPITATIONS ET DES TEMPERATURES**

Au cours de notre étude, nous avons considéré les concepts précipitation et température, nous n'avons pas voulu écarter les nombres de jours de pluie qui nous sera utile dans l'appréciation du climat, dans cette partie nous utiliserons la méthode externe ou séparative (quantitative). Dans le cadre de vérifier les changements climatiques à Bukavu en particulier et la province du Sud-Kivu en général, nous nous sommes servis des données récoltées à partir de la station météorologique du CRSN/Lwiro de 1970 à 2010 soit 40ans ce qui nous suffit pour une analyse rationnelle des précipitations et des températures, malgré les quelques failles. Cette station nous a fourni des données de précipitation, de température, de nombre de jours de pluie et la direction du vent.

## **2.3 LA PERCEPTION DE CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LA POPULATION**

La perception des problèmes des changements climatiques et changements environnementaux par la population de la ville de Bukavu a fait l'objet de nos enquêtes sur un échantillon de 447 ménages choisi d'une manière aléatoire, l'âge des nos enquêtés varié entre 40 et 80 ans. Le questionnaire d'enquête a porté sur les cinq thèmes principaux suivants :

- Identification de la personne enquêtée en termes d'âge et de sexe ;
- Problèmes relatifs aux deux variables climatologiques de référence (pluies et température) ;
- problèmes relatifs aux changements climatiques
- Problèmes relatifs aux ressources en eau ;
- Problèmes relatifs aux activités agricoles et pastorales ;
- Problèmes relatifs à l'équilibre environnemental naturel face aux catastrophes dus au climat (inondations, éboulements, coupures des routes et érosions).

Au terme des investigations, les données collectées sont analysées et restructurées pour en établir la mesure correcte des principaux indicateurs d'impacts du changement climatique, vulnérabilité et adaptation du changement climatique à Bukavu et ses environs.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 EVOLUTION CLIMATIQUE**

La figure 1 présente la variation des températures moyennes annuelles de la station CRSN/Lwiro de 1970-2010, qui présente une augmentation de 0,3 à 0,4°C par décennie.

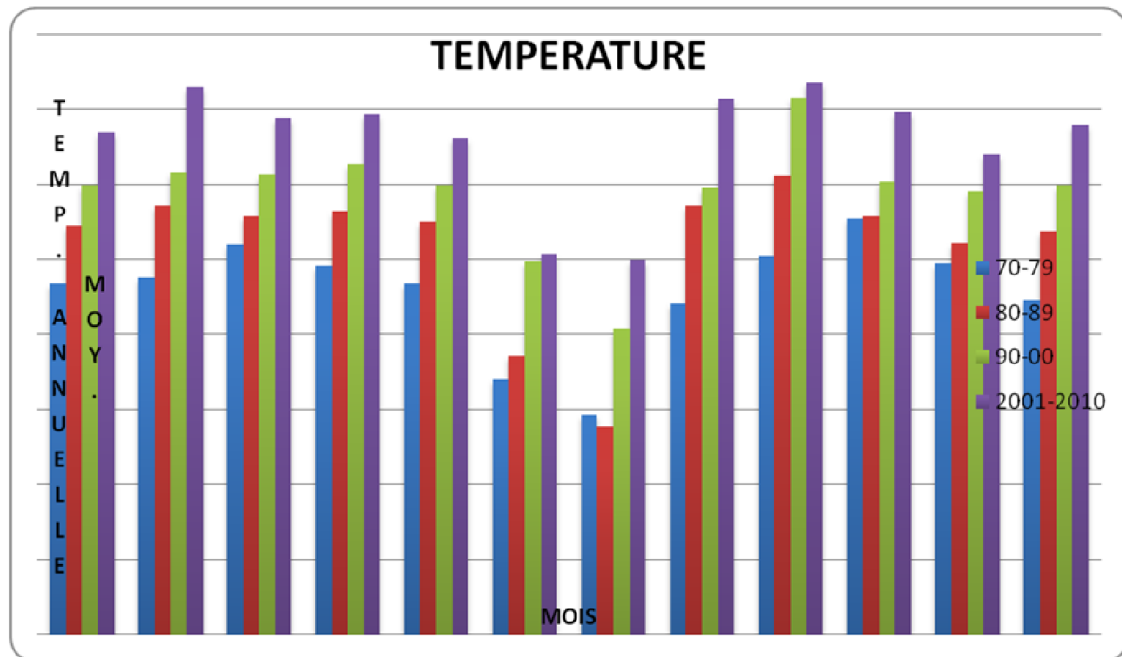


Figure 1 : Variation des températures annuelles, station CRSN/Lwiro de 1970 à 2010

La figure 2 présente l'évolution des pluies (mm) moyennes annuelles qui présente une légère diminution des précipitations (moyenne : ; tendance : /10 ans) mais la tendance n'est pas significative

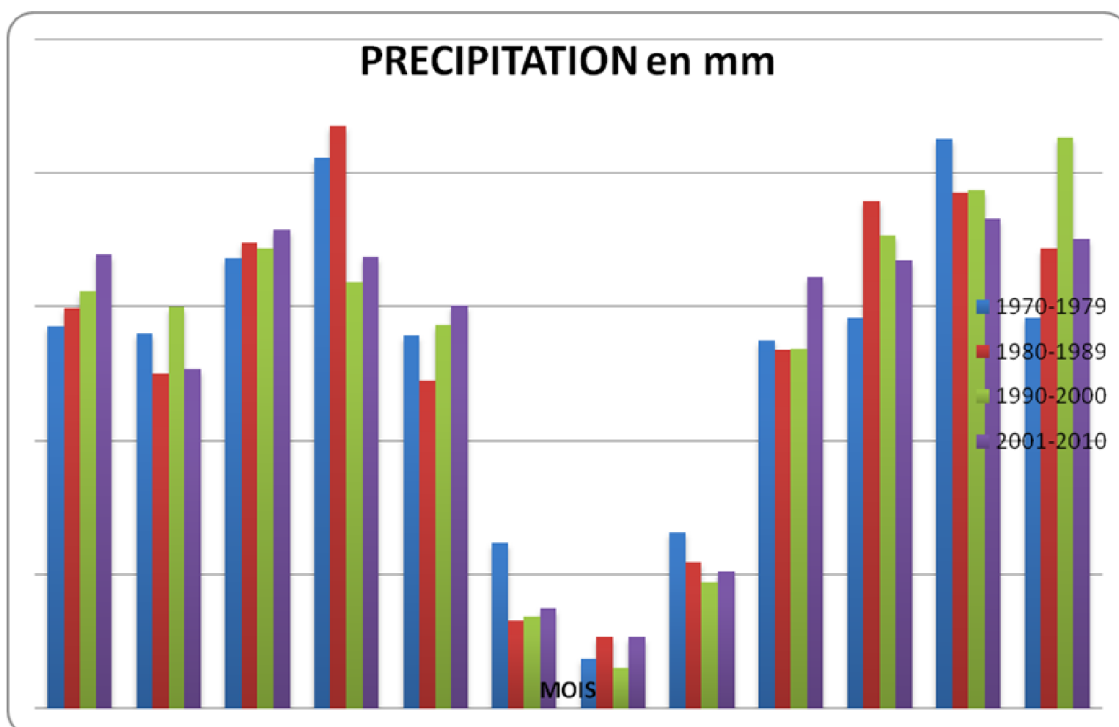


Figure 2 : Variation de précipitation en mm

La figure 3 présente le nombre de jours de pluie de la station météorologique de CRSN/Lwiro, qui présente une diminution moyenne de par 10 ans

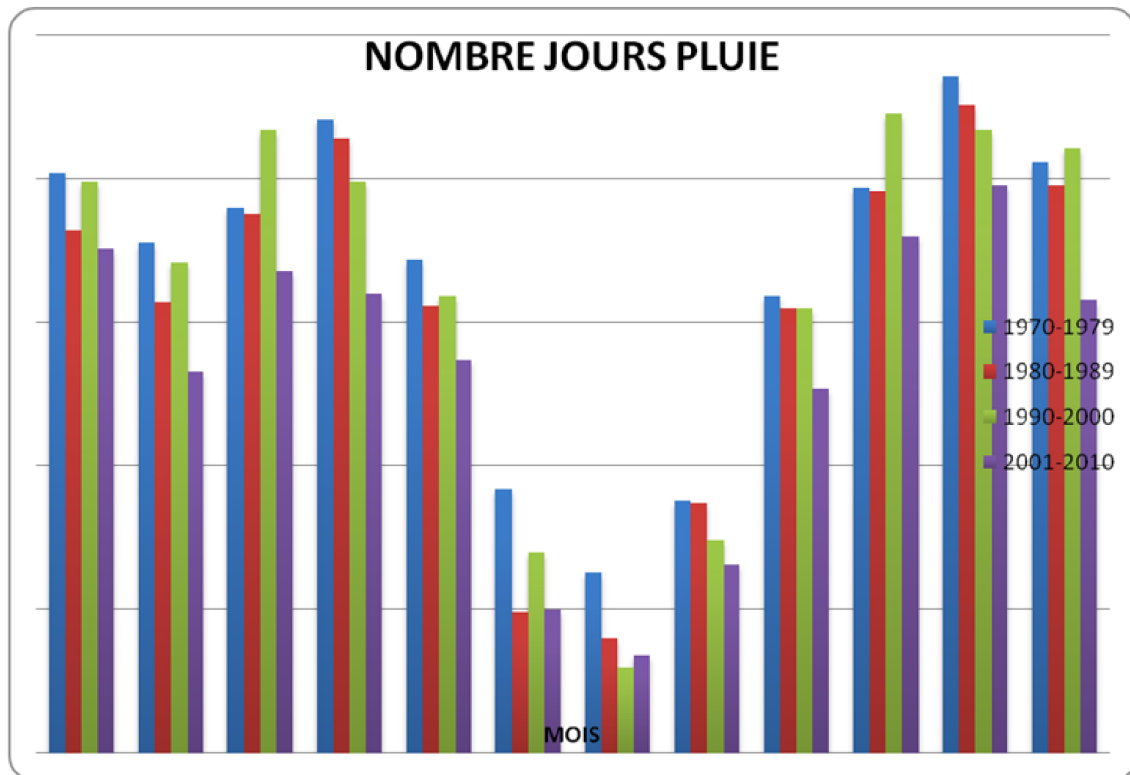


Figure 3 : Variation de nombre de jours de pluie

### 3.2 PERCEPTION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les résultats de nos enquêtes sur la perception des changements climatiques et changements environnementaux et sur les itinéraires d'adaptation des populations de la ville de Bukavu et ses environs ont permis de mettre en lumière les perceptions et les pratiques d'adaptation de ces populations urbaines après avoir vécu un bon moment climatique. L'appréciation globale de l'évolution du climat par les populations reste diverse et variée selon les enquêtes. Ainsi, les changements de l'environnement physique et biologique sont observés par les populations durant cette dernière décennie. Ces changements se manifestent sur le plan biophysique et agrobiologique d'une part, et sur le plan social d'autre part.

Ces résultats révèlent que les habitants de la ville de Bukavu identifient les risques climatiques comme suit :

1. A la question de savoir si les changements climatiques sont perceptibles dans notre province : 94,5% attestent que les changements climatiques sont perceptibles dans leurs milieux et 5,5% disent non.
2. A la question de savoir si ce changement a déjà eu des impacts négatifs sur la biodiversité (terrestres et aquatiques) : 93% attestent qu'il existe déjà des impacts négatifs.

83 % évoquent une « pénurie » en ressource en eau à Bukavu : la disparition des quelques sources d'eau, le dessèchement de quelques marais, la baisse du niveau du lac Kivu et la baisse de la quantité d'eau des rivières.

13,9% attestent qu'il y a baisse de quantité de poissons et de fretins dans le lac Kivu ;

24,7 % disent que les événements climatiques influent sur la perte des quelques plantes et que la flore ne pousse plus comme avant, il y a rareté ;

19,3 % parlent d'une baisse de la production agricole et l'infertilité du sol ;

17,7% constatent la disparition progressive des quelques espèces aquatiques et terrestres : algues, grenouille, insectes, mollusques, cryptogames, oiseaux, hanneton, minunu, nfuko, mbeba, verre de terre.

3. A la question de savoir si le manque d'eau potable dans la province est dû au changement climatique ou d'autres facteurs :

49% disent oui, le dessèchement des sources d'eau, peu de pluviométrie entraîne peut d'infiltration

61,5% parlent d'autres facteurs : la croissance démographique humaine, le déboisement accéléré, la déforestation, la capacité insuffisante de l'usine Murhundu vis-à-vis de la démographie actuelle.

4. A la question de savoir s'il ya des catastrophes naturelles d'origine climatique déjà observées dans la province : 98 % ont déjà connu au moins une catastrophe naturelle d'origine climatologique dans leurs milieux (glissement de terre, érosion, inondation, tremblement de terre, etc.
5. A la question de savoir s'il ya déjà une perturbation des saisons dans la province, 98% parlent d'une diminution de la quantité des pluies par saison, aussi la saison sèche est devenue longue plus qu'avant, elle commence tôt et se termine tard, la fréquence des pluies a baissé contrairement aux années précédentes.

Les populations enquêtées ont estimé être chaque fois confrontées aux problèmes de sécheresse qui fait que la production n'arrive plus à terme et entraînent ainsi la perte de la production agricole. Le calendrier agricole est souvent perturbé par le manque de connaissances sur les périodes propices pour le semi.

6. A la question de savoir s'il ya baisse ou augmentation de température à Bukavu : 98 % attestent une augmentation de la température, les fortes chaleurs.

### 3.3 STRATEGIES D'ADAPTATION

La sensibilité aux changements climatiques est multiple car ceux-ci touchent les populations, directement et indirectement, des différentes manières. Cette sensibilité est très variable selon les populations, les milieux naturels et la structure de l'économie. De même, les capacités d'adaptation ne sont pas les mêmes pour les êtres humains et les écosystèmes, selon les milieux et sa structure.

Dans cet article, les populations interviewées ont essayés de proposer quelques mesures d'adaptation aux changements climatiques :

- Mettre en place des dispositifs de lutte antiérosive et reboiser les endroits où les boisements ont été décimés ;
- Identifier d'abord les endroits très vulnérables et construire les murs de soutènement pour protéger les routes ;
- Lutter contre l'érosion en créant notamment, des terrasses radicales sur les versants des collines à forte pente ;
- Régulariser les cours d'eau traversant des agglomérations urbaines comme la rivière kawa qui constitue aujourd'hui un danger à l'environnement et construire des murs de protection de part et d'autres des rives de ce cours d'eau ;
- Mettre en place des lois interdisant à la population de construire dans des quartiers et cites vulnérables, aussi construire au bord du lac sans respecter les normes ;
- Investir davantage dans le secteur des infrastructures énergétiques en construisant d'autres centrales hydroélectriques, bien entretenir les centrales qui existent et développer les énergies nouvelles et renouvelables comme l'énergie solaire étant donné le bon ensoleillement, les turbines à gaz naturel et l'énergie éolienne ;
- Lutter contre l'érosion sur les versants du lac Kivu pour éviter la sédimentation qui, à long terme, entraînerait leur dessèchement alors qu'ils constituent de lac de retenue pour les centrales hydroélectriques de Ruzizi I, Ruzizi II et bientôt Ruzizi III
- Les mesures d'adaptation aux changements climatiques proposées dans ces secteurs : développer la politique d'une bonne gestion des déchets dans la ville de Bukavu, qui sont à base de la pollution des eaux, cas de la rivière Weshwa et la rivière Kahwa,
- le développement de cultures qui s'adaptent au climat du moment ;
- l'adoption de méthodes de gestion raisonnée de la fertilité des sols etc.
- la redéfinition des calendriers agricoles en jouant sur les dates de semis et le cycle cultural des variétés pour mieux gérer la variabilité pluviométrique,
- la mise au point des variétés agricoles adaptées au stress hydrique et /ou à la chaleur,
- la mise au point de méthodes de gestion de l'eau à des fins agricoles : conservation des eaux et de sols et de protection des cultures face aux extrêmes climatiques.

## 4 DISCUSSIONS

### 4.1 DE LA PERCEPTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LA POPULATION DE BUKAVU

Les modifications climatiques perçues par les habitants de la ville de Bukavu semblent être attribuées soit à des causes naturelles, soit des causes de variations climatiques, soit à des bouleversements des normes sociales. La question de la croissance démographique a été abordée par les habitants aussi les déboisements et la déforestation ont été épinglée par 61,5%. Ces derniers ont un rôle important dans la variation climatique, cette population est passée de 60850 à 848081 habitants entre 1960 et 2011 (Rapport marie de Bukavu 2013). La dégradation des terres et la surexploitation résultent de la pression démographique ; Ruttan (1998) estime que la dégradation du sol et l'érosion sont vues comme de vraies menaces à la croissance soutenable de la production agricole dans les pays développés et en développement (C. Bucekuderhwa et S. Mapatano, 2013).

Les populations enquêtées ont estimé être chaque fois confrontées aux problèmes de sécheresse qui s'annonce désormais très tôt qui fait que les plantes n'arrivent plus à la maturité, entraînent la baisse de production agricole et le calendrier agricole est souvent perturbé par le manque de connaissances sur les périodes propices pour le semis.

Ces populations (54,3%) fustigent la disparition de quelques espèces comme le criquet (minunu), les oiseaux (milembeko et lubala), les mollusques, les grenouilles, la perte des quelques plantes et les animaux sauvages ne sont plus visibles aux quartiers comme avant.

Les résultats de nos recherches montrent qu'il y a dessèchement de beaucoup de sources d'eau dans la ville et ses environs et qu'à partir de la diminution de la quantité d'eau due au dessèchement des rivières qui alimentent la rivière Murhundu, son débit est en baisse. La cause serait le déboisement accéléré dans le Bushi qui entraîne les érosions et d'autres impacts négatifs.

D'autres enquêtés attribuent cette manque d'eau à la mauvaise gestion de la quantité disponible suite à la capacité insuffisante de l'usine de la REGIDESO qui n'est plus capable de satisfaire la population de la ville de Bukavu et ses environs.

De l'analyse climatique, il ressort que l'analyse des séries chronologiques des indices, le cumul annuel des précipitations, le nombre de jours de pluie et de températures montre des modifications très importantes qui témoignent en une partie du réchauffement en cours au Sud-Kivu. En effet, les tendances calculées sur les Tmoy montrent une augmentation très significative ( $p < 0,0001$ ) de ces trois indices. Tmoy augmente de 0,3 à 0,4°C au cours de chaque décennie 1970-2010.

La décennie la plus chaude de ces 4 séries est celle de 2001 à 2010 avec une température moyenne de 20,3°C, soit 1,1°C au-dessus de la moyenne de la décennie 1970-1979.

En effet, entre les 4 décennies 1970 à 2010, le nombre moyen annuel de jours de pluie ne fait que diminuer. Pour tous ces indices, la station présente des tendances significatives sauf pour l'évolution de précipitation qui varie d'une année à une autre et d'une décennie à une autre.

### 4.2 MESURES D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

#### SECTEUR AGRICOLES FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les pertes de productivité résultant du changement climatique aggravent les crises alimentaires déjà récurrentes dans le Bushi, milieu qui constitue pour la ville de Bukavu une source alimentaire en légumes. Ainsi, des options d'adaptation portant sur l'amélioration de la résilience des systèmes agricoles au travers de méthodes et de technologies pour faire face à ces nouvelles données climatiques n'ont pas rejoint la préoccupation des populations.

Concernant le **secteur de l'énergie**, les mesures d'adaptation suivantes sont envisagées :

- Investir davantage dans le secteur des infrastructures énergétiques en construisant d'autres centrales hydroélectriques, bien entretenir les centrales qui existent et développer les énergies nouvelles et renouvelables comme l'énergie solaire étant donné le bon ensoleillement, les turbines à gaz naturel et l'énergie éolienne,

## 5 CONCLUSION

Notre analyse, met en lumière la situation de l'évolution du climat et la perception du changement climatique par les habitants de la ville de Bukavu, les résultats révèlent que la majorité de la population est en insécurité climatique,

énergétique et alimentaire. De ce fait, les impacts perceptibles sur le terrain sont alarmants, ils nous ont permis de cerner les incidences sur la base des variables socio-environnementales dans la ville.

Déjà, plusieurs changements climatiques et environnementaux ont été observés par les habitants de la ville de Bukavu et ses environs.

Ainsi, au cours des quatre dernières décennies, les températures journalières moyennes ont augmenté de 0,3 à 0,4 °C par décennie, le réchauffement étant plus important pour les températures minimales que maximales. Cette hausse observée des températures s'est manifestée aussi par le raccourcissement de la saison de pluie, diminution des précipitations au cours de ces quatre décennies et la diminution du nombre de jours de pluie.

Les résultats d'analyse et la discussion nous ont permis de retenir un message clé qui donne les impacts du changement climatique tel que perçu par la population, sur la biodiversité et sur les ressources en eau, le dessèchement des rivières qui influe sur le débit de la rivière Murhundu la quelle est la source de captage d'eau de la Régideso.

La ville de Bukavu en particulier et la province du Sud-Kivu en général, jouit d'une grande capacité d'atténuation et d'adaptation, notamment grâce à son énorme potentielle des ressources naturelles plus diversifiée. L'environnement naturel, quant à lui, s'adapte surtout de façon spontanée et autonome, et la société humaine a pour responsabilité de faciliter cette adaptation.

## REFERENCES

- [1] Benoit Boutefeu, 2005, L'aménagement forestier en France : à la recherche d'une gestion durable à travers l'histoire(Thèse), Vertigo la Revue électronique en science de l'environnement, volume 6, num 2/Septembre2005 ;
- [2] C. DesJarlais et al, 2010, savoir s'adapter aux changements climatiques, Montréal, 128 p. ;
- [3] Célestin Bucekuderhwa et Sylvain Mapatano, 2013, Comprendre la dynamique de la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire au Sud-Kivu, Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 17 | Septembre 2013, mis en ligne le 04 septembre 2013, consulté le 30 juillet 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/13819> ; DOI : 10.4000/vertigo.13819 ;
- [4] Godard et Tabeau ; 1998 ; Les climats, mécanismes et répartition, 2<sup>e</sup> édition, Armand Colin, Paris ;
- [5] Goula, B.T.A., Savane, I., Konan, B., Fadika, V. and Kouadio, G.B. (2006) Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Cote d'Ivoire (Afrique tropicale humide). Vertigo, 1, 1-12 ;
- [6] Jean-Berckmans Bahananga MUHIGWA,; 2000 ; Analyse des perturbations dans le régime pluviométrique du Sud-Kivu durant les 50 dernières années; 14, p. 112-121 ; ISDR/Bukavu ;
- [7] Michel Damian ; août 2007 ; L'adaptation au changement climatique ; LEPII, Université de Grenoble, CNRS 38040 Grenoble cedex 9, France ;
- [8] NYONG. A.O, and NIANG-DIOP. I. 2006, Impacts of Climate Change in the Tropics: the African Experience, Avoiding Dangerous Climate Change ;
- [9] Ozer. P., Hountondji Y. C., Ahomadegbe M. A, Djaby B., Thiry A., De Longuevillef, 2014, Evolution climatique, perception et adaptation des communautés rurales du plateau d'abomey (Benin), XXVI<sup>ème</sup> colloque de l'Association Internationale de Climatologie ;
- [10] Serge Ngendakumana, P. Van Damme, Sylvain Mapatano, Deogratias Niyonkuru, Pascal Sanginga et Mwapu Isumbisho, 2013, Processus d'évaluation des incidences de la gouvernance des ressources naturelles par la méthode « matrice d'influence » au Burundi et Sud Kivu., Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 17 | Septembre 2013 ;
- [11] Vincent Stervinou, Changements climatiques, migrations et défis de la gestion de l'environnement : le cas d'un village au cœur de la tourmente au Burkina Faso [Texte intégral] Paru dans VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8 Numéro 3 | décembre 2008 ;
- [12] Vincent Stervinou, Elise Mayrand, Omer Chouinard et Alida NadègeThiombiano, 2013, La perception des changements environnementaux : le cas de la collectivité cotière de Shippagan (Nouveau-Brunswick, Canada), Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, volume 13 Numéro 1, mis en ligne le 11 avril 2013, consulté le 30 juillet 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/13482> ; DOI : 10.4000/vertigo.13482

## ANTI-HYPERLIPIDEMIC AND ANTI-WEIGHT GAIN EFFECTS OF KHAYA TEA ON HIGH-FAT-DIET RATS

André Gilles MACHE<sup>1</sup>, Valentin Désiré GUIAMA<sup>1</sup>, and Carl Moses F. Mbofung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, National School of Agro-Industrial Science, P.O. Box 455, Ngaoundere, Cameroon

<sup>2</sup>College of technology, P.O. Box: 39 Bambili, University of Bamenda, Cameroon

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:** Tea extracts are used in many over-the-counter preparations claiming to promote weight loss. The rationale for this usage includes reports that khaya extract inhibit the digestion/absorption of carbohydrate and fat into gastrointestinals tube of rats. The investigators in this study tested the potential of increasing doses of three extracts concentrations (3.3mg/Kg of khaya tea, 6.6mg/Kg of khaya tea, and 9.9mg/Kg of khaya tea) to induce weight loss, steatorrhea, and blood lipid alterations in rats ingesting a high-fat diet. During the 90 days on the HFD, the animals were treated with 3.3mg/Kg, 6.6mg/Kg and 9.9mg/Kg of body weight of khaya tea. The time course of the body weight and obesity-related biochemical parameters were evaluated. The animals were fed with a standard diet (SD, n= 6) or high-fat diet (HFD, n= 6) for 90 days. After 90 days of treatment with 3.3mg/Kg, 6.6mg/Kg and 9.9mg/Kg of body weight, Khaya tea suppressed the increases average 37.43% of the changes in body weight gain (expressed as % of initial body weight) ( $P < 0.05$ ) and decreased the serum triglycerides and low-density lipoprotein (LDL)-cholesterol concentrations at both doses (from  $69 \pm 2$  to  $50.3 \pm 2.7$  mg/dL, from  $27 \pm 1$  to  $23.5 \pm 1$  mg/dL;  $P < 0.05$ , respectively) after they had been increased by the HFD. The abdominal lipids content was also decreased by the diet containing khaya tea (from  $7.30 \pm 0.11$  to  $5.52 \pm 0.16$  mg/dL;  $P < 0.05$ ). These results suggest that khaya tea could be a potentially therapeutic alternative in the prevention of obesity caused by a HFD.

**KEYWORDS:** KHAYA *senegalensis*, Khaya Tea, anti-hyperlipidemic effect, anti-weight gain effect, bioactives components (phenols and polyphenols) of KT, High-Fat-Diet (HFD) rats.

### 1 INTRODUCTION

One of the most important strategies in the treatment of obesity includes the development of nutrient digestion and absorption inhibitors, in an attempt to reduce the energy intake through gastrointestinal mechanisms, without altering any central mechanisms [1], [2].

In addition to polyphenols such as alkaloids, saponins, flavonoids, tannins and DPPH anti-radical activity, Khaya bark is also rich in phenols, and some phragmalin limonoids such as khayanolides, khayanosides, 2,6-dihydrofissinolide and two mexicanolides named khayanone and 2-hydroxyseneganolide [3], [4].

Khaya is a tree of the family Meliaceae consisting of seven species which originated from tropical Africa. *Khaya senegalensis* is present in Mauritania, Senegal and right up to Northern Uganda and in Cameroon. Its bark is often used to treat certain illnesses such as malaria, head-aches, fever, smallpox, diarrhea, lumbago (back pain), rheumatism, wounds, etc [4]. Khaya tea, a beverage produced from extracts of the bark of Khaya tree is even said to be effective in weight loss therapies of Cameroonian population.

This studies reporting the biological effects of khaya tea, especially with respect to the antioxidant and inhibition properties of the constituents of KHAYA *senegalensis* bark's extracts in animal models. The effect of some polyphenols and others bioactifs components in the inhibition of digestive enzymes has been investigated [5], this is the first report on the

inhibitory activity of khaya tea against porcine pancreatic lipase (LPP). So, the aim of the present study were to examined, the preventive effects of khaya tea on the development of obesity in rat fed a high-fat diet (HFD).

## 2 METHODS AND PROCEDURES

### 2.1 KHAYA TEA PREPARATION AND ADMINISTERED DOSES

The extract of Khaya tea has been prepared [3]. The administered doses refitting on results of Abubakar [6] which stipule that for 28 days, for the extract bark's concentration of *Khaya senegalensis* inferior than 10 mg (KT)/ kg of body weight, there isn't sub-chronic toxicity (ASAT, ALAT, creatinin). Therefore, the animals were treated with 3.3mg/Kg, 6.6mg/Kg and 9.9mg/Kg of body weight of khaya tea in later on.

### 2.2 PREPARATION OF ATORVASTATIN SOLUTION

The atorvastatin pill (10 mg/kg) has been bought at the pharmacy and has been administrated to animals by dissolution of one pill of atorvastatin in 10 ml distilled water.

### 2.3 ANIMALS AND DIETS

Thirty-six male 90-day-old Swiss strain rats (Sw/Uni) (240±40g), free of specific pathogens, were obtained from laboratory of Biophysic, Alimentary Biochemistry and Nutrition (ENSAI) of NGAOUNDERE UNIVERSITY-CAMEROON. The animals were maintained on a 12:12 h artificial light–dark cycle and housed in individual cages. After a random selection, the rats were introduced to the standard diet A0 (SD, n= 6) or HFD (n= 30) for 90 days. The compositions of the experimental diets are shown in Table 1. Before the 90 days of the HFD, the animals were randomly divided into five subgroups according to the intervention: B0: (group 1 ; n= 6 ; control group) received HFD plus pure water (by gavage), B1 (group 2 ; n= 6) received HFD plus artovastatin (10mg/kg; by gavage), B2 (group 3 ; n= 6) received HFD plus an aqueous extract of khaya tea (3.3 mg/kg ; by gavage), B3 (group 4 ; n=6) received HFD plus an aqueous extract of khaya tea (6.6 mg/kg ; by gavage) and B4 (group 5 ; n=6) received HFD plus an aqueous extract of khaya tea (9.9 mg/kg ; by gavage). All the groups were treated for 90 days and the solutions were administered by intra-gastric gavage. The total food intake by each group was recorded at least three days, and the body weight of each rat was recorded at least three days. At the end of the experiment, the rats have eaten nothing 17 hours before and were deeply anaesthetized by oil's ether and sacrificed. After dissection, the blood were analysed immediatly then, tissues were collected and stored at -80 °C until analyzed. The experiments were performed in accordance with the principles outlined by the Brazilian College for Animal Experimentation.

**Table 1. Composition of the modified experimental diets [7]**

Nutrient	A0 : negative control	B0 : positive control	B1 : HFD+10mg/Kg (Artovastatin)	B2 : HFD+3.3mg/Kg (KT)	B3 : HFD+6.6mg/Kg (KT)	B4 : HFD+9.9mg/Kg (KT)
	Standard diet (g/kg)	High-fat diet (HFD) (g/kg)	High-fat diet (HFD) (g/kg)	High-fat diet (HFD) (g/kg)	High-fat diet (HFD) (g/kg)	High-fat diet (HFD) (g/kg)
Cornstarch	397.5	115.5	115.5	115.5	115.5	115.5
Casein	200	200	200	200	200	200
Sucrose	100	100	100	100	100	100
Dextrinated starch	132	132	132	132	132	132
Palm oil	—	312	312	312	312	312
Soybean Oil	70	40	40	40	40	40
Cellulose	50	50	50	50	50	50
Mineral mix	35	35	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10	10	10
L-cystine	3	3	3	3	3	3
Choline	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Khaya Tea Extract (mg/Kg)	0	0	0	3.3	6.6	9.9

2.4 BIOCHEMICAL ANALYSIS

The serum was obtained by centrifugation of the blood at 800 g for 10 min and ALT, AST, creatinine, the total cholesterol, triglyceride, and high-density lipoprotein-cholesterol concentrations were immediately determined using an automatic analyzer (COBAS-MIRA System of Roche Diagnostics, Indianapolis, IN). Low-density lipoprotein (LDL)-cholesterol was calculated from the formula:

$$\text{LDL-cholesterol (mg/dl)} = \text{total cholesterol} - \text{triglyceride}/5 - \text{high-density lipoprotein-cholesterol}.$$

2.5 MEASUREMENTS

Food intake was assessed daily and individual body weights were obtained at least three days. Fecal fat was measured at least three days by weighing the rats on scales. A three-day fecal collection was obtained for the measurements. Fecal fat was determined using minor modifications of a standard gravimetric technique [8] Total fecal collection was added to pre-weighed polypropylene tubes. After the weight was determined, a recorded volume of water was added as needed to provide a smooth homogenate via a blender. Three grams of homogenate was transferred to polypropylene tubes with 1 drop concentrated HCl, 5 mL ethanol, and 10 mL hexane. The tubes were shaken for 10 minutes and centrifuged for five minutes. The hexane layer was transferred to pre-weighed glass vials. This extraction procedure was repeated with an additional 10 mL of hexane. The extracts were evaporated to dryness over a steam bath and stored overnight in a desiccator. The dry weights of the two extracts were added to obtain total fecal fat.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

The data were expressed as the mean ±s.e.m. Comparisons among the groups of data were carried out using the one-way ANOVA followed by the Dunnett multiple Comparisons test. The statistical significance for the expression of the analysis was also assessed by ANOVA and the differences identified were pinpointed by an unpaired Student’s t-test. An associated probability (Pvalue) of <5% was considered significant.

3 RESULTS

3.1 EFFECTS OF KHAYA TEA ON WEIGHT GAIN

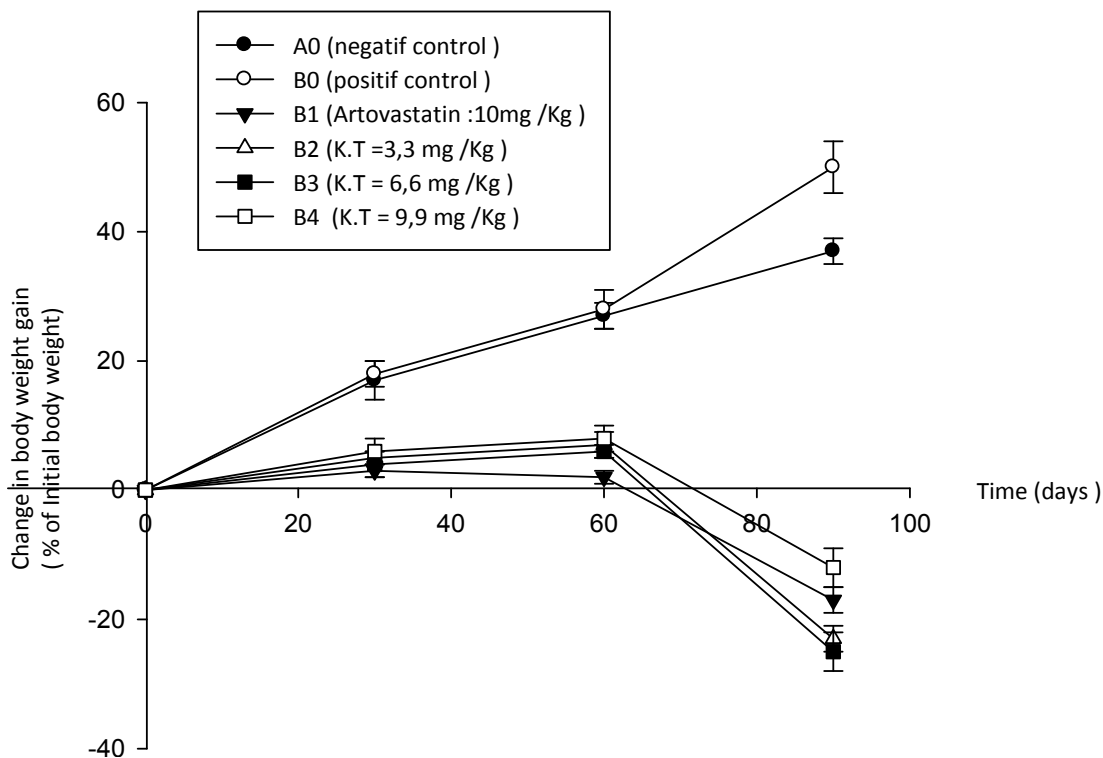


Fig. 1. : Variation rate of weigth gain during experiment time (90 days)

Fig. 1 shows average 37.43% of the changes in body weight gain (expressed as % of initial body weight) for the rats fed the HFD with. The rats fed on HFD for 90 days showed a significantly higher body weight gain than rats fed on the SD (HFD, 99.2% vs. SD, 58.2%;  $P < 0.05$ ). In rats fed on HFD and treated with KT in the last thirty days, the body weight gain (HFD + KT 3.3 mg/kg, 35.3% ; HFD + KT 6.6 mg/kg, 47,6 % and HFD + KT 9.9 mg/kg, 29.4% was significantly suppressed as compared to the group fed on HFD with pure water (HFD, 99.2%  $P < 0.05$ ). It is interesting that three doses of KT suppressed the weight gain. The energy intake per rat differed between the SD and HFD groups throughout the whole experimental period, but it did not differ between the group fed HFD alone and the groups fed HFD plus KT.

**3.2 EFFECTS OF KHAYA TEA ON SERUM PARAMETERS, AND ABDOMINAL LIPIDS**

*Table 2. Serum parameters and abdominal lipids in rats fed experimental diets*

Serum lipids (mg /dL)	A0 : SD	B0 : HFD	B1 : HFD+ Artov.	B2 : HFD+ 3.3mg/Kg (KT)	B3 : HFD+ 6.6mg/Kg (KT)	B4 : HFD+ 9.9mg/Kg (KT)
Total cholesterol (mg /dL)	50±1 <sup>a</sup>	56±2 <sup>b</sup>	49±4 <sup>a</sup>	51±1 <sup>a</sup>	60± 3 <sup>b</sup>	44±2 <sup>a</sup>
LDL-cholesterol	26±1 <sup>b</sup>	27±1 <sup>b</sup>	24±2 <sup>a</sup>	23±1 <sup>a</sup>	30±2 <sup>b</sup>	24±1 <sup>a</sup>
HDL-cholesterol	26±1 <sup>d</sup>	13±1 <sup>a</sup>	21±1 <sup>c</sup>	15±1 <sup>b</sup>	14±2 <sup>b</sup>	17±3 <sup>c</sup>
Triglycerides	47±3 <sup>b</sup>	69±2 <sup>c</sup>	50±4 <sup>b</sup>	51±2 <sup>b</sup>	57±4 <sup>b</sup>	43±2 <sup>b</sup>
Abdominal lipids(g)	5.23±0.16 <sup>a</sup>	7.30±0.11 <sup>b</sup>	6.30±0.50 <sup>b</sup>	5.41±0.12 <sup>a</sup>	5.78±0.21 <sup>a</sup>	5.38±0.15 <sup>a</sup>

*Data are expressed as means ±s.e.m. (n= 3). Means in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P< 0.05).*

As shown in table 2, the HFD-induced hyperlipidemia, with no significant increases in total serum cholesterol for HFD+ KT 6.6 mg/Kg group and significant decreases in total serum cholesterol for HFD+ KT 3.3 mg/Kg and for HFD+ KT 9.9 mg/Kg groups, LDL-cholesterol, and triglyceride as compared to the SD group. The animals fed on HFD and treated for the 90 days with Khaya tea (for HFD+ KT 3.3 mg/Kg and HFD+ KT 9.9 mg/Kg groups) showed significantly reduced total serum cholesterol and LDL-cholesterol levels as compared to the HFD alone. Serum triglycerides was also significantly reduced ( $P < 0.05$ ) by all doses of the Khaya tea containing HFD and the levels obtained were significantly the same as those of the SD rats. Additionally, the HFD increased the amount of abdominal lipids as compared to the SD group. Thus the addition of khaya tea reduced ( $P < 0.05$ ) the abdominal lipids, as compared to those fed on HFD alone. At these doses, the total abdominal lipids decreased significantly ( $P < 0.05$ ).

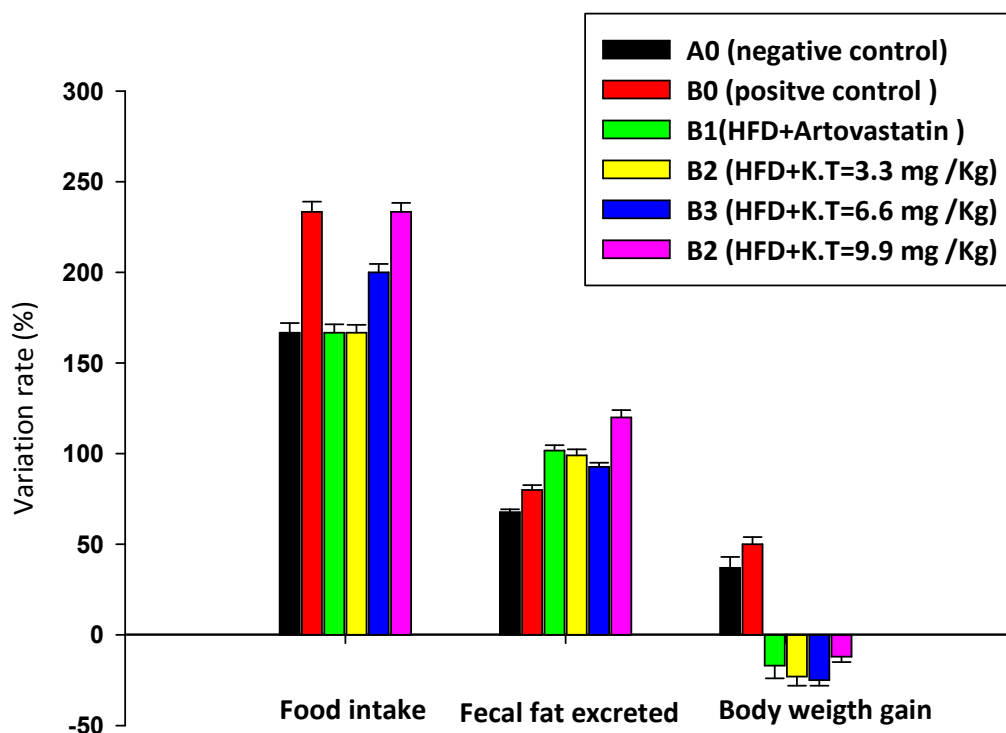


Fig.2. Variation rate of food intakes, fecal fat excreted, and weight gain of the rats at the end of study (after 90 days)

Table 3. Fecal fat expressed as percent of fat ingested

	A0 : SD	B0 : HFD	B1 : HFD+ Artov.	B2 : HFD+ 3.3mg/Kg (KT)	B3 : HFD+ 6.6mg/Kg (KT)	B4 : HFD+ 9.9mg/Kg (KT)
Fecal lipids (g)	7.59±1.35 <sup>a</sup>	10.15±1.43 <sup>b</sup>	27.73±1.20 <sup>d</sup>	22.84±1.51 <sup>c</sup>	26.35±1.33 <sup>d</sup>	27.35±1.24 <sup>d</sup>
Fecal lipids rate (%)	/	0	17.58	12.69	16.20	17.2

Data are expressed as means ±s.e.m. (n= 3). Means in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P< 0.05).

Table 3 shows fecal fat excretion expressed as percentage of fat ingested. All the groups treated by khaya tea (HFD+ KT 3.3 mg/Kg, HFD+ KT 6.6 mg/Kg and HFD+ KT 9.9 mg/Kg groups) reduced significantly more fat than did the control group during time of the study, with fat malabsorption averaging 12.69-17.20 % compared to HFD plus pure water group.

Table 4. Rate of ALT, AST and creatinine of differents rats groups

Parameters	A0	B0	B1	B2	B3	B4
ALT/GPT (U/L)	104±8 <sup>c</sup>	91±4 <sup>b</sup>	81±3 <sup>a</sup>	87±11 <sup>a</sup>	96±5 <sup>b</sup>	80±7 <sup>a</sup>
AST/GOT (U/L)	98±2 <sup>d</sup>	65±5 <sup>b</sup>	61±3 <sup>a</sup>	75± 5 <sup>c</sup>	59±6 <sup>a</sup>	50±6 <sup>a</sup>
Creatinine (mg/L)	8.40±0.5 <sup>a</sup>	8.67±0.38 <sup>a</sup>	8.75±0.22 <sup>a</sup>	8.40±0.53 <sup>a</sup>	9.57±0.55 <sup>a</sup>	8.73±0.61 <sup>a</sup>

Data are expressed as means ±s.e.m. (n= 3). Means in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P< 0.05).

The results of rats plasma in table 4 above shows, no significant differences (p<0.05) among of creatinine and the significantly decreased (p<0.05) among of ALT and AST of rats treated by Khaya tea comparatively to the controls groups. Similar results was recently reported by Abubakar *et al.* [6] showed that for aqueous stem bark of *KHAYA senegalensis*

inferior to 10 mg/ Kg, there were no sub-chronic toxicity in albino rats during the last 28 days. This result shows that in the administered doses, Khaya tea hadn't affected neither liver nor kidney of rats treated by khaya tea.

#### 4 DISCUSSION

The wide spread usage of tea extracts for weight control is supported by rather slim *in vivo* evidence that includes a Humans study showing better maintenance of weight loss when tea was added to a calorie-restricted regimen [9] and a mouse study showing less weight gain when a tea extract was added to a high-fat diet [10].

Tea could promote weight loss via increased energy expenditure and/or decreased caloric uptake from the gut. Ingestion of green tea extract results in a modest increase in thermogenesis [11], [12], [13]. Although it is not clear to what extent this effect is attributable to the caffeine content versus other tea components such as epigallocatechin. In addition, *in vitro* studies show tea extracts inhibit the activity of enzymes that digest carbohydrate and triglycerides. Green tea inhibits alpha-amylase [14], [15], [16]. Khaya tea like Mulberry extract contains high concentrations of flavonoids that inhibit alpha-glucosidase activity [17], [18], [19].

This is apparently due to the *in vivo* ability of Khaya tea extract to increase thermogenesis and to inhibit pancreatic lipase activity. However, this effect appeared to diminish with time, in that during the last thirty of the study, fat malabsorption diminished with a significant increase in fecal fat observed in rats receiving the khaya tea dosage. It should also be noted that the increase of fecal fat from 12.69 to 17.20 percent observed at the end of the study. Carbohydrate absorption was not measured in the present study, but an extrapolation from human studies [20], [21] suggests the extract should have resulted in malabsorption of sizable amounts of dietary carbohydrate. While the calories of triglyceride not absorbed in the small bowel are lost in feces, non-absorbed carbohydrate can be fermented by colonic bacteria to readily absorbable short-chain fatty acids; thus, most of the calories of malabsorbed carbohydrate are conserved [22]. Given that the rats did not develop diarrhea, the putative carbohydrate malabsorbed as the result of the action of the extract appeared to be removed from the fecal stream by this mechanism. The normal weight gain in rats treated with large doses of three extracts before 60 days, indicates the no-modest increase in food intake (fig. 2) observed in these animals compensated for the extract-induced malabsorption of calories as fat and carbohydrate. The relatively minor degree of steatorrhea induced by extract was associated with reductions in serum triglycerides, but statistically significant increases in HDL-cholesterol concentrations (Table 2). Similar tea-induced alterations in blood lipids, assumed to be beneficial to health, have previously been reported in animal [23], [24]. The Khaya tea prevented the HFD-induced increases in body weight (Fig. 1) and decreased the serum triglyceride, cholesterol, and LDL-cholesterol concentrations after they had been increased by HFD (Table 2). These effects did not depend on decreased food or energy intakes because there were no significant differences between the HFD and HFD plus KT groups. A portion of the administered polyphenol might be absorbed from the intestine, metabolized, and excreted into urine. Probably, higher dose of KT polyphenol might be excreted in the feces without absorption, but the mechanism for this remains to be elucidated. Similar results were recently reported by Paganini Stein *et al.* [25] showed that rats fed the hypercholesterolemic diet for 30 days and which were treated for the last 15 days with *I. paraguariensis* extract (500 mg/kg) showed significantly reduced serum cholesterol (30% reduction) and triglyceride (60.4% reduction). And Pang *et al.* [26] suggesting that the *I. paraguariensis* extract might have a protective effect against HFD-induced obesity in rats through an enhanced expression of uncoupling proteins and elevated AMPK phosphorylation in the visceral adipose tissue.

#### 5 CONCLUSION

This study concludes that "physiological" dosages of khaya tea having the ability to reduce the weight gain in rats and inhibit carbohydrate and lipid absorption. It suggests that KT has an antiobesity function: it prevents the hydrolysis of dietary fat in the small intestine and reduces the subsequent intestinal absorption of dietary fat. The hypolipidemic effects of the Khaya tea shown in this study were in agreement with previous reports showed that Khaya tea efficiently inhibited *in vitro* porcine PL activities [5].

#### ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to National School of Agro-Industrial Science (ENSAI) and to Badiaguina Helène Constance Epse MACHE for all the support.

## DISCLOSURE

The authors declared no conflict of interest.

## REFERENCES

- [1] Strader CD, Hwa JJ, Van Heek M, Parker EM. Novel molecular targets for the treatment of obesity. *Drug Discov Today*1998;3:250–256.
- [2] Shi Y, Burn P. Lipid metabolic enzymes: emerging drug targets for the treatment of obesity. *Nat Rev Drug Discov*2004;3:695–710.
- [3] Mache André Gilles, Guiama Valentin Désiré and F. Mbofung Carl Moses. Optimization of total polyphenols and tannins content during extraction of Khaya tea (*Khaya senegalensis*): Effect of water volume, temperature and infusion time. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2015.
- [4] Khalid SA, Friedrichsen GM, Kharazmi A, Theander TG, Olsen CE, Nakatani M, Abdelgaleil SA, Kassem SM, Takezak K, Okamura H, Iwagawa T, Doe M., “Three new modified limonoids from Khaya senegalensis. *Journal of Natural Products*”, 65:196-216, 2002.
- [5] Mache André Gilles, Ngando Ebongue, Georges Frank, Léopold Tatsadjieu, Njintang Yanou Nicolas, Carl Moses F. Mbofung (2015). Assessment of in vitro inhibitory effect of khaya tea infusion on porcine pancreatic lipase activity. *International Journal of Biosciences*. Vol. 6, No. 6, p. 1-9, 2015. <http://www.innspub.net>
- [6] Abubakar, M. G., Lawal, A. and Usman, M. R.(2010) Hepatotoxicity studies of sub-chronic administration of aqueous stem bark of *KHAYA senegalensis* in albino rats. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1): 26 – 28. *Bajopas Volume 3 Number 1*.
- [7] Fernanda Martins, Tatiana M. Noso, Viviane B. Porto, Alline Curiel, Alessandra Gambero, Deborah H.M. Bastos, Marcelo L. Ribeiro and Patrícia de O. Carvalho. (2009). Maté Tea inhibits in vitro pancreatic lipase Activity and Has hypolipidemic. Effect on High-fat Diet-induced Obese Mice. *Integrative physiology*.Volume 18 Number1. *Obesity* (2009) 18, 42–47. doi:10.1038/oby.2009.189.
- [8] Henry RJ. Determination of fecal lipids. In: 21.Henry RJ, Cannon DC, Winkelman JW, eds. *Clinical Chemistry: Principles and Technics*. 2nd ed. Hagerstown, MD: Harper and Row; 1974:1481-1482.
- [9] Nagao T, Komine Y, Soga S, et al. Ingestion of a tea rich in catechins leads to a reduction in body fat and malondialdehyde-modified LDL in men. *Am J Clin Nutr*2005;81:122-129.
- [10] Han LK, Takaku T, Li J, et al. Anti-obesity action of oolong tea. *Int J Obes Relat Metab Disord*1999;23:98-105.
- [11] Dulloo AG, Duret C, Rohrer D, et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. *Am J Clin Nutr*1999;70:1040-1045.
- [12] Berube-Parent S, Pelletier C, Dore J, Tremblay A. Effects of encapsulated green tea and Guarana extracts containing a mixture of epigallocatechin-3-gallate and caffeine on 24 h energy expenditure and fat oxidation in men. *Br J Nutr*2005;94:432-436.
- [13] Rumpler W, Seale J, Clevidence B, et al. Oolong tea increases metabolic rate and fat oxidation in men. *J Nutr*2001;131:2848-2852.
- [14] Kashket S, Paolino VJ. Inhibition of salivary amylase by water-soluble extracts of tea. *Arch Oral Biol* 1988;33:845-846.
- [15] Zhang J, Kashket S. Inhibition of salivary amylase by black and green teas and their effects on the intraoral hydrolysis of starch. *Caries Res*1998;32:233-238.
- [16] Funke I, Melzig MF. Effect of different phenolic compounds on alpha-amylase activity: screening by microplate-reader based kinetic assay. *Pharmazie* 2005;60:796-797.
- [17] Asano N, Oseki K, Tomioka E, et al. N-containing sugars from *Morus alba* and their glycosidase inhibitory activities. *Carbohydr Res*1994;259:243-255.
- [18] Miyahara C, Miyazawa M, Satoh S, et al. Inhibitory effects of mulberry leaf extract on postprandial hyperglycemia in normal rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*2004;50:161-164.
- [19] Matsui T, Yoshimoto C, Osajima K, et al. In vitro survey of alpha-glucosidase inhibitory food components. *Biosci Biotechnol Biochem*1996;60:2019-2022.
- [20] Zhong L, Furne JK, Levitt MD. An extract of black, green, and mulberry teas causes malabsorption of carbohydrate but not of triacylglycerol in healthy volunteers. *Am J Clin Nutr*2006;84:551-555.
- [21] Mudra M, Ercan-Fang N, Zhong L, et al. Influence of mulberry leaf extract on the blood glucose and breath hydrogen response to ingestion of 75 g sucrose by type 2 diabetic and control subjects. *Diabetes Care*2007;30:1272-1274.
- [22] Bond JH Jr, Levitt MD. Fate of soluble carbohydrate in the colon of rats and man. *J Clin Invest*1976;57:1158-1164.
- [23] Hase T, Komine Y, Meguro S, et al. Anti-obesity effects of tea catechins in humans. *J Oleo Sci* 2001;50:599-605.

- [24] Yang CS, Landau JM. Effects of tea consumption on nutrition and health. *J Nutr*2000;130:2409-2412.
- [25] Paganini Stein FL, Schmidt B, Furlong EB et al. Vascular responses to extractable fractions of *Ilex paraguariensis* in rats fed standard and high-cholesterol diets. *Biol Res Nurs*2005;7:146–156
- [26] Matsui T, Yoshimoto C, Osajima K, et al. In vitro survey of alpha-glucosidase inhibitory food components. *Biosci Biotechnol Biochem*1996;60:2019-2022.

## La forêt de Uma, forêt à haute valeur pour la conservation (FHVC)

### [ Uma forest, forest with high value for conservation (FHVC) ]

*Legrand T. Cirimwami<sup>1-2</sup>, Masinda M. Maombi<sup>2-3</sup>, John K. Mukirania<sup>2</sup>, Eric K. Wasingya<sup>2</sup>, and Clérisse M. Casinga<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Université du Cinquantenaire, Faculté de Sciences, Lwiro Sud, Kivu, RD Congo

<sup>2</sup>Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Université Officielle de Ruwenzori, Butembo, 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:** Nature conservation had become an international preoccupation due to the global rate of deforestation which goes beyond 12 millions hectares. Until 2012, in the whole Congo basin, the Democratic Republic of Congo had the high rate of deforestation (0.32%) while its reforestation rate was  $0.1 \pm 0.3\%$ . In this paper, criterion of classification for forest with high value for conservation are studied so to help decision maker on Uma forest conservation.

Biologic diversity, ecosystems and mosaic at the landscape scale, threatened or rare ecosystems and habitats, critical ecological services, needs for community livelihood and cultural value are those criterion of classification. The results are: the mean of the value of plant diversity of Uma was  $33.2 \pm 6.5$ ; the mean species richness of Uma is higher than other sites. The hugeness of this forest let that it succeeds to the second criterion and, the presence of some rare habitats to the third criterion. Uma forest is the source of Tshopo river which is used for fishing and on it is built the hydroelectrical station of Tshopo. This forest has many animal and plant species whose are very used by autochthon. Cultural value of this forest is most due to its inselbergs considered as sacral area. Verification of all these criterion is a great proof that Uma forest can be classified among forests with high value for conservation.

**KEYWORDS:** Conservation, FHVC criterion, Uma forest, DRC.

**RESUME:** La conservation de la nature est une préoccupation internationale cruciale vue la perte forestière annuelle moyenne s'équivalant à plus de 12 millions d'hectares à travers le monde. Jusqu'en 2012, de tout le bassin du Congo, la République Démocratique du Congo avait le taux de déforestation le plus élevé (0,32%) alors que son taux de reforestation n'était que de  $0,1 \pm 0,3\%$ . Cette étude cherche à mettre en exergue les critères de classification des forêts à haute valeur pour la conservation pour guider la prise de décision sur la conservation de la forêt de Uma.

La diversité biologique, les écosystèmes et mosaïques à l'échelle du paysage, écosystèmes et habitats menacés ou rares, services écologiques critiques, besoins essentiels de la communauté ainsi que les valeurs culturelles sont ces critères de classification. Les résultats ont montré que: la moyenne de la diversité floristique alpha était de  $33,2 \pm 6,5$ ; la richesse spécifique moyenne des sites de Uma est élevée que celle des autres sites. Son immensité la fait passer au deuxième critère et, la présence des habitats rares et particuliers au troisième. La forêt de Uma constitue la source de la rivière Tshopo servant dans la pêche et comme support du barrage hydroélectrique de la Tshopo. Cette forêt regorge plusieurs espèces végétales et animales très utilisées par les autochtones. En outre, elle a une grande valeur culturelle car les autochtones accordent une valeur sacrée aux inselbergs. La vérification de ces critères nécessite de la classer parmi les forêts à haute valeur pour la conservation.

**MOTS-CLEFS:** Conservation, Critères FHVC, Forêt de Uma, RDC.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE ET ÉTAT DE LA QUESTION

Les tribus et les communautés riveraines des forêts ont maintenu une relation symbiotique entre eux et ces écosystèmes depuis plusieurs millénaires [1]. Toute leur vie en dépendait, non seulement l'aspect économique mais aussi leur social [2], [1]. Quelle que soit cette importance que les populations accordaient aux forêts, celles-ci se dégradent et disparaissent continuellement à un rythme très rapide au niveau mondial tout comme aux niveaux locaux. La qualité des forêts restantes diminue dans plusieurs endroits. Pour une période de 5 000 ans, les pertes cumulées des forêts dans le monde entier sont estimées à 1,8 milliard d'hectares représentant en moyenne 360 000 ha.an<sup>-1</sup> [3].

La perte en superficie forestière mondiale est de 13 millions d'ha.an<sup>-1</sup> entre 2000 et 2010 [3]. En République Démocratique du Congo (RDC), les pertes forestières sont élevées à 0,32 %.an<sup>-1</sup> (soit 395 200 ha) entre 2000 et 2010 [4], [5]. Ceci fait de la conservation des forêts une préoccupation majeure non pas d'ordre locale seulement mais plutôt d'ordre national, régional et international. Selon [1], la conservation de la biodiversité fait partie des objectifs majeurs pour la promotion du développement durable.

En 2008, la RDC comptait 50 aires protégées de types différents couvrant 26 314 330 ha soit 11,3 % du territoire national [6]. En dépit de toutes les demandes d'espaces fonciers faites par les agriculteurs, les fermiers, etc., la RDC à travers ses organes techniques a pris l'initiative d'étendre dans quelques années le réseau d'aires protégées jusqu'à au moins 15 % du territoire national [7].

La création des nouvelles aires protégées doit être le concours de plusieurs acteurs, notamment les scientifiques, les services publics, les acteurs non gouvernementaux, la société civile, et autres. La recherche scientifique peut intervenir non seulement dans le processus de création des nouvelles aires protégées mais aussi dans le soutien et l'accompagnement de l'effort de conservation dans les aires déjà existantes. Elle constitue un guide de toute action visant à la conservation d'une aire protégée [8]. La recherche scientifique est utile pour plusieurs raisons dans une aire protégée. Elle peut signaler le dérapage observé dans une aire protégée et ainsi proposer des voies de sortie [9].

La conservation des écosystèmes terrestres tout comme aquatiques reposent sur certains critères. Le concept de Hautes Valeurs pour la Conservation (HVC) a son origine dans le référentiel de gestion durable des forêts de Forest Stewardship Council "FSC" [10].

### 1.2 INTRODUCTION AU CONCEPT HVC

Le FSC a conçu le concept de Forêts à haute valeur de conservation (FHVC) dans la perspective de faciliter l'identification des forêts particulièrement importantes, celles contenant d'importantes valeurs sociales ou environnementales. Selon [10], l'approche HVC englobe un ensemble de critères explicites (les six HVCs). Elle constitue un processus d'évaluation de priorités de conservation, comme outil de gestion et un élément essentiel des référentiels de gestion durable.

Cette approche prône les qualités et aspects biologique, écologique, social ou culturel et d'importance critique au niveau national, régional ou international [10]. Ainsi, un site sera classé comme "Site HVC" quand il regorge tous les 6 critères ou alors s'il répond à la majorité de ces critères [11]. Une "Aire de gestion à HVC" est celle dans laquelle est pratiqué un programme visant le maintien et/ou l'amélioration des critères HVC.

### 1.3 CRITÈRES HVC

Pour classer une forêt parmi les forêts à haute valeur pour la conservation (FHVC), six critères sont reconnus [10]. Ces critères sont bien définis dans le guide FSC publié par [11] dans l'objectif de gestion responsable de la biodiversité et l'identification, la gestion et le suivi des FHVC. Ces critères se résument dans les lignes suivantes :

- La diversité des espèces : il s'agit des forêts ayant des fortes concentrations de diversité biologique et incluant ainsi les espèces endémiques et les espèces rares, menacées ou en danger, d'importance mondiale, régionale ou nationale.
- Ecosystèmes et mosaïques à l'échelle du paysage : ceci concerne une vaste étendue de forêts ou de mosaïques d'écosystèmes plus ou moins 'naturels' mais aussi la présence des populations viables de la plupart des espèces naturellement présentes.
- Ecosystèmes et habitats menacés ou rares : Les écosystèmes rares peuvent l'être pour les raisons suivantes:

- Naturellement rares: Ecosystèmes issus d'une combinaison très inhabituelle de facteurs biotiques et abiotiques (par ex. Inselbergs ou clairières 'permanentes' - baies en forêt).
- Devenus rares: Ecosystèmes très réduits par l'action de l'homme par rapport à leur étendue originale (par ex. forêts sclérophylles des Grands Lacs et du Rift Albertin).
- Services écologiques critiques : ceci s'explique par le fait que les écosystèmes naturels contrôlent la qualité, la quantité et la régularité des flux et des cours d'eau. Cette fonction constitue un service écologique, qu'on peut définir comme critique si les populations ou les écosystèmes en aval en dépendent de façon très significative (transport, barrage hydroélectrique, ...)
- Besoins essentiels des communautés : si la forêt fournit un service ou une ressource que la population locale ne peut pas ou peut difficilement obtenir autre part, et que cette ressource est essentielle à sa survie, sa santé ou en général à son bien-être.
- Valeurs culturelles : les populations riveraines maintiennent très souvent des liens spirituels et culturels avec les forêts. Etant donné l'importance de la forêt dans la vie des communautés, il n'est pas étonnant que l'identité et la culture traditionnelle soient souvent définies par rapport à la forêt (sa faune, sa flore et ses habitats).

Cette étude vise à confronter le site d'étude avec les critères de classement des forêts à haute valeur pour la conservation. Il sera question de voir si cette forêt répond à ces critères pour qu'on sache si elle peut être classée parmi les FHVC.

## 2 SITE ETUDIE

Uma est situé en RDC sur les coordonnées 0° 34' N et 25° 52' E dans la collectivité (secteur) Bakumu-Kilinga, territoire d'Ubundu, district de la Tshopo dans la Province Orientale.

La forêt de Uma connaît des pressions moins élevées sur sa végétation que sur sa faune compte tenu du mode de vie de la population riveraine qui vit en général de la chasse et du piégeage. Toutefois, on constate certaines modifications du couvert végétal dues à l'agriculture sur brûlis et la fabrication du charbon de bois surtout autour des villages tout au long de l'axe routier Kisangani-Butembo (figure 1 ci-contre).

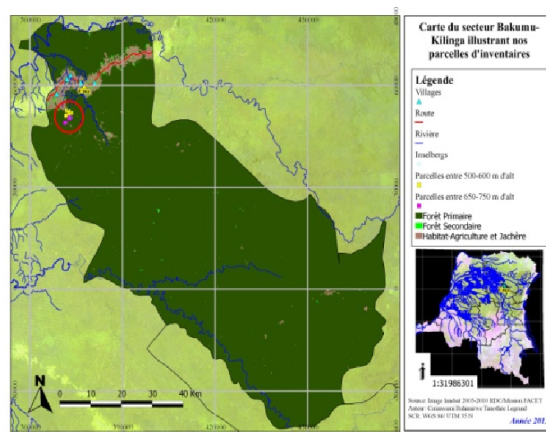


Figure 1. Le grand bloc forestier de Uma avec quelques habitats autour de la route, raison de la perturbation de la forêt au tour de route.

Contrairement à la flore, la faune est très exploitée à Uma. Les chasseurs et piégeurs vaquent librement à leur occupation toute l'année. Ils n'observent jamais la période de fermeture fixée par la législation nationale fixée du 15 Septembre au 15 Novembre de chaque année [14]. Cette chasse pratiquée non seulement pendant les mois d'ouverture a des conséquences néfastes sur la biodiversité faunique et floristique de cette forêt. Cette pratique de chasse et piégeage excessifs perturbe la reproduction des espèces animales. Sur le plan floristique, elle pousse les chasseurs à installer des campements qui, parfois peuvent demeurer permanents [16].

Le long des cours d'eau qui baignent cette forêt, on trouve aussi des campements des pêcheurs. Autour de ces derniers, surtout les cours d'eau importants, on peut trouver des villages clandestins regroupant une population qui pratique l'agriculture de subsistance dans les jardins de case. Ces campements sont à la base des ouvertures importantes de la

couverture forestière de ce massif forestier. Selon [12], la forêt de Uma a une partie consacrée aux cultures et une partie qui héberge des villages clandestins et des campements des chasseurs.

### 3 METHODE

Ce site caractérisé par les inselbergs a déjà fait l'objet de quelques recherches. Ces dernières ont touchées plusieurs aspects comme la socio-économie, l'exploitation des ressources naturelles [12], [13], [14], l'écologie forestière [15], [16], [17], [18] et les plantes alimentaires spontanées [13].

La collection de ces documents a servi d'un grand outil méthodologique pour bien aborder la question majeure de cette étude. La méthode est alors documentaire. Les résultats obtenus par ces études pourront permettre de savoir si ce site est susceptible d'être classé parmi les FHVC.

[16] avait mené une étude sur la diversité floristique de la forêt de Uma en distinguant les parcelles à inselbergs et sans inselbergs. Au total 12 parcelles de 50 m x 50 m (soit 3 ha) ont été tracées. De ces 12 parcelles, 6 étaient installées dans l'habitat à inselbergs et 6 autres dans un habitat sans inselbergs.

[17] dans une étude menée dans le même site, avait fait une étude floristico-écologique sur une surface de 6 ha (soit 6 parcelles subdivisées chacune dans 25 placettes). Cette étude avait pour objectif d'évaluer, à différentes échelles, la variabilité dans la structure et la composition floristique. Les résultats de sa recherche ont permis de montrer que les influences environnementales (sol et levée topographique des relevés) se marquent à une échelle plus large que l'influence du cycle sylvigénétique. Aussi, les variations dans la structure et la composition floristique induites par la distance des sous-parcelles se sont produites à une échelle plus large. Ce qui démontre que la distance géographique entre les sous-parcelles est un facteur important dans la variation de la composition floristique et structurale au sein d'un même massif forestier. Toutes ces parcelles avaient été placées dans les endroits non couverts par des inselbergs.

[18] dans une étude effectuée dans le même site, avait fait une autre étude floristico-écologique dans la forêt mono dominante à *Gilbertiodendron dewevrei*. Dans cette étude, l'auteur avait testé l'influence du substrat (sol ferme et sol hydromorphe) sur les plaques à *Gilbertiodendron dewevrei*, une espèce mono dominante couvrant une partie de Uma.

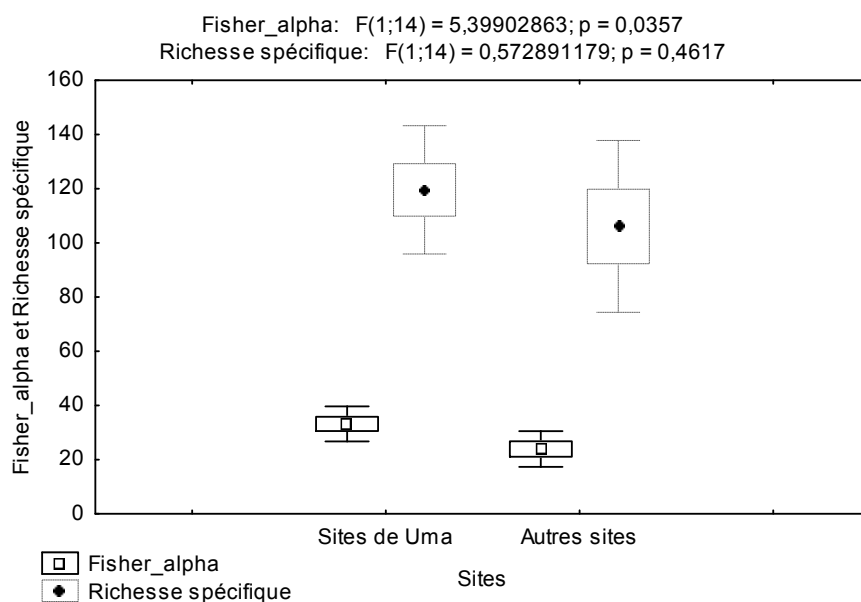
D'autres études ont montré le degré de dépendance de la population environnante sur les ressources naturelles de cette forêt dont les produits de chasse [14] les plantes alimentaires spontanées (P.A.S) exploitées dans la région de Uma [13]. Ce dernier a testé la connaissance des populations riveraines sur les P.A.S, leur importance dans le revenu des ménages et les mesures de leur promotion. L'état de l'exploitation des ressources naturelles tant animales que végétales et le problème de gestion de cette forêt ont déjà fait objet d'autres études.

### 4 RESULTATS

Dans cette partie il est question de confronter les caractéristiques de la forêt de Uma aux caractéristiques des forêts à haute valeur de conservation.

#### 4.1 LA FORTE DIVERSITÉ VÉGÉTALE DU SITE DE UMA

La comparaison de la diversité végétale alpha et la richesse spécifique a été fait entre la forêt de Uma et celles d'autres forêts environnantes (voir figure 2).



**Figure 2 :** Comparaison de la valeur de l'indice de diversité alpha et la richesse spécifique entre le site de Uma et d'autres sites de la région de Kisangani. Les données qui ont été compilées pour calculer la moyenne de diversité dans le site de Uma regroupent 7 lots de données différents appartenant à des études effectuées en 2013 et en 2012 dans cette forêt. Les auteurs sont : [15], [16], [17] et [18]. Les données d'autres sites reprennent les données de : Yoko (6 lots) et le Bassin du Congo (3 lots). Les auteurs sont : [19], [20], [21] et [22].

Les différentes études réalisées dans le site de Uma montrent que ce site est plus diversifié que d'autres sites de la région ( $p$ -value = 0,0357). En comparant 7 lots de données de diversité de Uma à 9 lots de diversité d'autres sites, la moyenne de Uma tombe à  $33,2 \pm 6,5$  et  $24 \pm 8$  pour les autres sites. La richesse spécifique ne montre pas de différence significative étant donnée qu'elle est en moyenne de  $119,6 \pm 23,7$  pour les sites de Uma et de  $106 \pm 39$  pour les autres sites ( $p$ -value = 0,4617).

#### 4.2 ECOSYSTÈMES ET MOSAÏQUES À L'ÉCHELLE DU PAYSAGE

Ce deuxième critère de classement des forêts à haute valeur de conservation n'est pas très bien défini en RDC. Il convient de préciser qu'il s'intéresse à l'étendue de la forêt à conserver et à son degré d'accessibilité. Uma répond mieux à ce critère vue la superficie à laquelle ses forêts s'étendent. Selon [17], cette forêt constitue une continuité de celle du Parc national de la Maïko et couvre plusieurs milliers d'hectares.

#### 4.3 ECOSYSTÈMES ET HABITATS MENACÉS OU RARES

Les écosystèmes rares sont ceux qui sont issus des combinaisons très inhabituelles telles que : inselbergs, clairières permanentes et les baies en forêt. De ce fait, Uma constitue un écosystème rare vue la présence des inselbergs qui le caractérisent [16].



**Figure 3 : Inselberg dans la forêt de Uma, 743 m d'altitude à sa base ([16], coordonnées : 0,44°N et 25,85°E, hauteur estimative de plus de 30 m).**

La présence des inselbergs est parmi les raisons qui expliquent la grande diversité de la forêt de Uma [16].

Les conditions environnementales rencontrées sur les inselbergs sont souvent moins favorables à plusieurs espèces [23]. Par conséquent, les inselbergs sont alors caractérisés par des conditions très sélectives auxquelles n'adhèrent que certaines espèces qui s'y adaptent et tolèrent les vicissitudes du milieu, souvent en abondance réduite. En dépit de toutes les conditions du milieu, la forêt de Uma présente une grande diversité spécifique.

#### **4.4 SERVICES ÉCOLOGIQUES CRITIQUES**

Ce critère s'intéresse aux services écologiques qu'un écosystème offre à ses populations riveraines. Cette forêt constitue la source de deux grandes rivières, Uma et Tshopo qui sont très importantes dans l'hydrographie de la région de Kisangani. A une certaine distance, Uma se déverse dans la rivière Tshopo qui n'est pas seulement exploitée pour la pêche mais sur elle est érigé le barrage hydroélectrique qui dessert toute la population de la ville de Kisangani (1.127.828 habitants, [24]). Cette rivière est d'une très grande importance nationale d'autant plus qu'elle est l'une de deux grands affluents du Fleuve Congo dans la région de Kisangani (Tshopo et Lindi).

#### **4.5 BESOINS ESSENTIELS DES COMMUNAUTÉS**

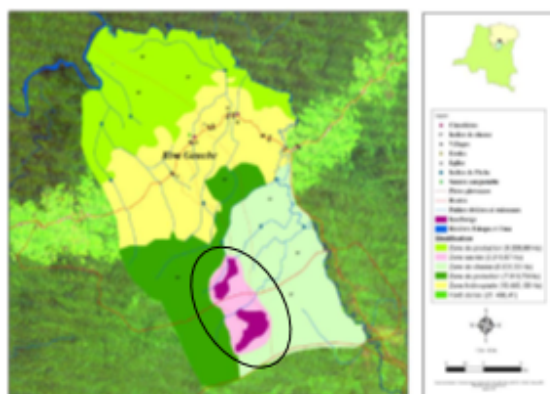
La forêt de Uma est une source essentielle pour la survie des communautés riveraines. Les résultats de l'étude de [13] menée en 2013 ont aboutis à 78 plantes alimentaires spontanées. De ces espèces 19 sont utilisées pour d'autres usages en plus de leur valeur alimentaire. De celles-ci, 4 espèces seulement n'ont pas été citées pour usage médicinal. Ces espèces sont *Megaphrynium macrostachyum*, *Raphia sese*, *Gilbertiodendron dewevrei* et *Uapaca guineensis* qui, pour leur part, interviennent dans la construction, la scierie et comme source d'énergie ou encore comme emballage.

Selon [12], cette forêt joue un rôle capital dans la vie des populations qui lui sont riveraines. Plusieurs biens et services sont alors tirés dans la forêt, il s'agit des : produits forestiers non ligneux (PFNL), les produits de la pêche et ceux de la chasse [14], les plantes médicinales, les bois de chauffe, les produits de la scierie et autres.

### 4.6 SITE À VALEURS CULTURELLES

La forêt de Uma a une grande importance culturelle dans le quotidien des populations riveraines. Ci-dessous une carte reprenant la zone sacrée de Uma.

L'existence de cette zone sacrée dans la forêt de Uma constitue la valeur culturelle de cette forêt. Le caractère "sacré" de cette partie est dû à la présence des inselbergs. La plupart d'activités sont interdites dans cette partie. Il y est interdit la chasse, l'agriculture, la pêche et l'exploitation forestière.



**Figure 4 : Carte de stratification de Uma. Source : ADIKIS/CCC 2010 cité par [15]. La zone violette est celle qui est sacrée à Uma et correspond à la zone aux inselbergs.**

## 5 DISCUSSION

Bien que le taux de déforestation des forêts congolaises soit 33 fois moins élevé que le taux annuel moyen de déforestation mondiale, la RDC a le taux de déforestation le plus élevé de tous les pays du bassin du Congo [4], [25] et [3]. Nonobstant cette situation, le bassin du Congo détient le taux bas de perte de la couverture forestière comparativement au Brésil et à l'Indonésie qui sont deux autres pays ayant une grande forêt tropicale [25] et [26]. De ce fait, la conservation devient une question urgente en RDC.

La conservation de la biodiversité est très importante, pour les gestionnaires des écosystèmes mais aussi pour les populations qui en dépendent [27], [28], [8] et [1]. Selon [28], chaque forêt tropicale a ses caractéristiques particulières. Pour cela, les critères qui font que la conservation d'un écosystème soit nécessaire doivent être étudiés séparément. C'est le cas de cette étude qui n'a pas pris toute la forêt congolaise mais seulement la région de Uma pour l'analyser de plus près.

Les décisions de sacrer un espace comme site protégé se base le plus souvent sur ses valeurs économiques. Mis à part les valeurs économiques, d'autres valeurs (éthique, culturel, esthétique et social) sont aussi des moteurs qui peuvent soutenir une décision de conservation d'un site [27] et [1]. Cela va dans la philosophie de FHVC tel que défini par [11] et [10]. C'est la logique même de cette étude, où, non seulement les atouts économiques de la forêt de Uma sont mis en exergue mais aussi d'autres valeurs que regorge cette forêt.

La réticence des populations riveraines sur des telles décisions résident dans la façon dont la forêt sera gérée une fois qu'elle est vouée à la conservation. Tout dépend pourtant, de la manière dont le cahier de charges a été discuté entres les différentes parties prenantes [29] et [30]. Certains peuples par exemple, ont gagné plus en sacrant leurs forêts à la conservation. Selon [27], quand les décisions de conversion du site en un site conservé sont bien négociées, cela accroît les revenus de la population et ceux du gouvernement. Ce cas s'est observé en Mexique, au Costa Rica et aux Etats-Unis d'Amérique. La forêt de la Maïko étant classée dans la rubrique « très prioritaire » pour la conservation [10] et pourtant la forêt de Uma n'en est qu'une continuité [17], sa conversion en forêt vouée à la conservation est nécessaire.

## 6 CONCLUSION

La conservation de la nature a atteint un point crucial de son histoire. La création des nouvelles aires protégées s'avérant une priorité internationale, les critères pour qu'un site soit classé ou pas parmi les forêts à haute valeur pour la conservation ont été conçus. La RDC par son ministère de l'environnement, conservation de la nature et tourisme (MECNT) veut mettre ces critères en valeurs pour l'évaluation des écosystèmes du pays et pour voir quels sont ceux qui peuvent être classés parmi les HVC.

Nous avons étudié si les caractères de la forêt de Uma coïncident avec ces critères de classification. La diversité biologique, les écosystèmes et mosaïques à l'échelle du paysage, écosystèmes et habitats menacés ou rares, services écologiques critiques, besoin essentiels de la communauté et valeurs culturelles sont remplis par la forêt de Uma. La forêt de Uma peut être classée parmi les forêts à haute valeur pour la conservation.

## REMERCIEMENTS

- Tous les auteurs qui ont apporté leurs données brutes pour que cet article aboutisse.
- L'Université de Kisangani, le CIFOR et l'Union Européenne qui ont organisé et financé le programme de master (REFORCO 2 : *Appui à la Recherche Forestière au Congo, 2<sup>ème</sup> cohorte*) pour les 4 premiers auteurs de cet article.

## REFERENCES

- [1] Ninan, K. N. 2012. *The economics of biodiversity conservation: valuation in tropical forest ecosystems*. Routledge.
- [2] Wollenberg, E., et Ingles, A. 1998. *Incomes from the forest: methods for the development and conservation of forest products for local communities*. Cifor.
- [3] FAO (Food and agriculture organization of the United Nations). 2012. *Situation des forêts du monde 2012*. Rome: UNFAO.
- [4] Ernst C., Verhegghen A., Bodart C., Mayaux P., de Wasseige C., Bararwandika A., Begoto G., Esono Mba F., Ibara M., Kondjo Shoko A., Koy Kondjo H., Makak J.S., Menomo Biang J.D., Musampa C., Ncogo Motogo R., Nebu Shu G., Nkoumakali B., Ouissika C.B. and Defourny P., 2010. Congo Basin forest cover change estimate for 1990, 2000 and 2005 by Landsat interpretation using an automated object-based processing chain. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-4/C7
- [5] Potapov, P. V., Turubanova, S. A., Hansen, M. C., Adusei, B., Broich, M., Altstatt, A., Justice, C. O. 2012. Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 106–116. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.027>
- [6] Eba'a, A., et Bayol, N., 2008. Les forêts de la République Démocratique du Congo en 2008.
- [7] Carl, M., 2007. Quel avenir pour les forêts de la République Démocratique du Congo ? Instruments et mécanismes innovants pour une gestion durable des forêts. *Reflection and discussion paper - 2007/01*. 79 p.
- [8] Fazey, I., Fischer, J., et Lindenmayer, D. B. 2005. What do conservation biologists publish? *Biological Conservation*, 124(1), 63–73. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.013>
- [9] Laurance, W. F. 2013. Does research help to safeguard protected areas? *Trends in Ecology and Evolution*, 28(5), 261–266. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2013.01.017>
- [10] MECNT, 2012. Forêts de Haute Valeur pour la Conservation en RDC. Résultats de l'atelier d'interprétation nationale des critères HVC Kinshasa, Février 2012. Rapport d'atelier inédit, 2012, 35 p.
- [11] Robinson, D., George P., Stewart C. et Rayden T., Rédacteur: Frank Katto. 2009. Guide de bonnes pratiques visant la conformité aux exigences relatives à la certification FSC en matière de biodiversité et de Forêts de hautes valeurs de conservation dans la gestion de Petites Forêts et Forêts à Faible Intensité. 1<sup>ère</sup> édition, March.
- [12] Nazetee, Z., 2011. Exploitation artisanale de bois d'œuvre dans la future forêt communautaire d'UMA. Rapport de stage au master professionnel, Université de Kisangani. 36 p.
- [13] Maombi, M.M., 2013. Identification des plantes alimentaires spontanées et leur apport dans le revenu des ménages de la population vivant autour de la forêt d'Uma (Territoire d' Ubundu en Province Orientale, RDC). Dissertation de Master, Université de Kisangani, 47 p.
- [14] Kombozi, W.N. 2014. Commercialisation de la viande de brousse : enjeux de la bonne gouvernance des ressources naturelles en province orientale, RDC. Dissertation de Master, Université de Kisangani, 55 p.
- [15] Lingofo, B., 2012. Etudes floristique et structurale des peuplements à *Pericopsis elata* et à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de Uma. (R.D.Congo), Dissertation de Master, Université de Kisangani, 38 p.

- [16] Cirimwami, B.T.L., 2013. Effet de l'altitude sur la diversité végétale de la strate arborescente dans la forêt à *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin à Uma, Province Orientale/RD Congo. Dissertation de Master, Université de Kisangani, 41 p.
- [17] Mukirania, K.J., 2013. Etude de la variabilité structurale et floristique dans les forêts de Uma, R.D. Congo. Dissertation de Master, Université de Kisangani, 44 p.
- [18] Wasingya, K.E., 2013. Etude floristique et structurale des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, sur sol hydromorphe et sur terre ferme à Uma (Province Orientale, RD.Congo). Dissertation de Master, Université de Kisangani, 53 p.
- [19] Lisingo, J.L. 2009. Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multistrate. Dissertation de Master, Université de Kisangani, 91 p.
- [20] Masiala, G., 2009. Analyse d'une zone de contact de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.)J. Léonard avec la forêt semi-caducifoliée dans la réserve de la Yoko nord (RDC). Dissertation de Master, Université de Kisangani, 103 p.
- [21] Boyemba, B.F., 2011. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 212 p.
- [22] Amani, I.A.C., 2011. Vegetation patterns and role of substrate heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo basin. Thesis, Brussels Libra University, Belgium, 215 p.
- [23] Parmentier, I., 2003. Etude de la végétation des inselbergs inclus dans la forêt dense d'Afrique atlantique. Thèse de doctorat, ULB. 93 p.
- [24] Division du Plan, 2008. Les chiffres au service de la Nation. *Bulletin des statistiques générales*. 4<sup>ème</sup> trimestre, 46 p.
- [25] FAO (Food and agriculture organization of the United Nations) 2010. Global forest resources assessment 2010. Rome: UNFAO.
- [26] Hansen, M., Stehman, S., & Potapov, P. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. Proceedings of the National Academy of Sciences of the Unites States of America, 107(19), 8650–8655.
- [27] Roe, D., et Elliott, J. 2006. Pro-poor conservation: The elusive win-win for conservation and poverty reduction? *Policy Matters*, 14 (03).
- [28] Corlett, R.T., et Primack, R.B. 2011. *Tropical rain forests: an ecological and biogeographical comparison*. John Wiley et Sons.
- [29] Weladji, R. B., Moe, S. R., et Vedeld, P. 2003. Stakeholder attitudes towards wildlife policy and the Bénoué Wildlife Conservation Area, North Cameroon. *Environmental Conservation*, 30(4), 334–343.  
<http://doi.org/10.1017/S0376892903000353>
- [30] Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933–1949. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>

## Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo)

### [ Structure and diversity of a heterogeneous forest population in the southern block of Yoko forest reserve (ubundu city, Democratic Republic of the Congo) ]

Justin A. Asimonyio<sup>1</sup>, Jean C. Ngabu<sup>1</sup>, Christophe B. Lomba<sup>2</sup>, Clarisse M. Falanga<sup>3</sup>, Pius T. Mpiana<sup>3</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté 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:** This work aims to characterize the structure and diversity of the heterogeneous population of Yoko Forest Reserve. First, we considered (i) the floristic variability (specific richness and diversity), and (ii) the structural variability (in terms of density, ground surface and diametric structure) evaluated at the scale of a hectare. The second step consisted on the analysis of the spatial structure (i) generally and its comparison to the whole plot, and (ii) specific structure of the whole plot (only the spatial structure of the important species was analyzed). So, a systematic inventory of all trees of 10 cm dbh was conducted over five hectares. It should be also noted that the position of each foot has been taken according to the coordinate system (x, y). In total, 1,919 trees of 10 cm dbh were inventoried in five hectares. These individuals were distributed into 98 genera, 141 species and 31 families; with average density of 19.6 genera per hectare, 28.2 species per hectare, and 6.2 families per hectare. The resemblance or similarity degree among the plots (Hectares) showed clearly two coherent plant communities, with a low coefficient of similarity, and each consisting of more or less close plots. Although the density is dominated by *Microdesmis yafungana* species J. Léonard J. but *Pericopsis elata* Harms species and Fabaceae family dominated other quantitative parameters. As for the structural analysis, the individuals presented a shape with a significant decrease as we moved to the next class and the most significant densities were observed in classes of diameter 1, 2, 3 and 4. Therefore, a study on the structure and diversity of heterogeneous forest populations is very important because it gives information about the natural processes of trees (growth, regeneration, demographics) as well the anthropogenic action on the forest ecosystem.

**KEYWORDS:** Diversity, Structure, Forest, Population, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** Dans le cadre de ce travail qui a pour but de caractériser la structure et la diversité de peuplement hétérogène de la réserve forestière de Yoko, nous avons en premier lieu mis en évidence la variabilité (i) floristique (richesse spécifique et diversité), et (ii) structurale (en termes de densité, surface terrière et structure diamétrique) évaluée à l'échelle unitaire d'un hectare. La seconde étape a consisté à une analyse de la structure spatiale (i) globale et comparée à l'échelle unitaire d'hectare, et (ii) spécifique de l'ensemble du dispositif (seule la structure spatiale de l'espèce trouvée importante a été analysée). Ainsi, Un inventaire systématique de tous les arbres de 10 cm dbh a été réalisé dans 5 ha. La position de chaque pied a été prise suivant le système de coordonnées (x, y). Dans l'ensemble, 1919 arbres de 10 cm dbh ont été recensés dans cinq hectares. Ces individus sont classés dans 98 genres, 141 espèces et 31 familles ; avec une densité moyenne de 19,6 genres par hectare ; 28,2 espèces par hectare et 6,2 familles par hectare. Le degré de rapprochement ou de ressemblance

entre les parcelles (hectares) nous montre visiblement deux communautés végétales cohérentes, à faible coefficient de similarité et constituées chacune des parcelles plus ou moins rapprochées. Outre la densité qui est ici représentée par l'espèce *Microdesmis yafungana* J. Léonard, l'espèce *Pericopsis elata* (Harms) et la famille Fabaceae ont pris la tête pour les restes des paramètres quantitatifs. Quant à l'analyse structurale, Les individus ont présentés une figure avec une allure de décroissance significative au fur et à mesure qu'on passe dans la classe suivante et que les densités les plus fortes s'observent dans les classes de diamètre 1, 2,3 et 4. Ainsi, nous concluons qu'une étude sur la structure et diversité des peuplements forestiers hétérogènes est d'importance capitale car elle nous renseigne sur les processus naturels des arbres (croissance, régénération, démographie) ainsi que le rôle de l'homme dans l'écosystème forestier.

**MOTS-CLEFS:** Diversité, Structure, Forêt, Peuplement, République Démocratique du Congo.

## **1 INTRODUCTION**

La République Démocratique du Congo est une région qui héberge une énorme biodiversité [1], [2], [3], [4]. Cependant, sa forêt est parmi les écosystèmes les moins étudiés en Afrique. Sur le plan phytoécologique, le peuplement d'une région peut être envisagé à deux points de vue différents ; soit sous l'angle de ses groupements floristiques (dynamisme), soit sous celui de leur structure (physionomie) [5]. Les formations végétales sont sensibles aux conditions locales de l'environnement, comme le sol, la topographie, l'ensoleillement, l'humidité, etc., et on constate généralement que la composition et la structure d'un écosystème varient, d'un endroit à l'autre, en fonction des valeurs locales de ces facteurs [6].

Pour un peuplement forestier, d'éventuelles variations de ces facteurs sur le domaine d'étude peuvent entraîner des différences locales de la composition du mélange, de la densité, ou de l'expression des processus naturels. La littérature contient un nombre important d'études où la richesse spécifique a été utilisée pour caractériser la structure spatiale [6], [7]. Elles ont toutes démontré que la présence d'un mélange de plusieurs espèces, de tolérance différente par rapport à l'ombrage, produira certainement plusieurs strates forestières, une large variété de diamètres et hauteurs, un arrangement horizontal complexe des tiges.

En écologie, étudier la structure d'un peuplement revient à caractériser tous les attributs en paramètres structuraux (abondance, abondance relative, surface terrière, richesse des espèces, l'écart-type des diamètres et la variation des distances au plus proche voisin dans un peuplement). Dans la nature, trois possibilités de configuration spatiale : aléatoire, en agrégats (ou en bouquet) et uniforme (ou régulière) [8]. Ceci suggère qu'il existe une gamme des facteurs qui influencent la structure spatiale des espèces. Chaque système écologique est caractérisé par une interdépendance de trois éléments clés : sa configuration, sa composition et son fonctionnement. Ainsi, une étude basée sur la structure et diversité d'un peuplement hétérogène est d'une grande importance pour appuyer les gestionnaires forestières afin de les aider d'orienter la gestion ou l'exploitation des ressources forestières disponibles en tenant compte de certains mécanismes fonctionnels comme la régénération, le recrutement et la croissance. En outre, cette étude fournit une base non négligeable aux études portant sur l'analyse du peuplement forestier complexe de la région de Kisangani en général et celle de la réserve forestière de la Yoko en particulier.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 DESCRIPTION DU MILIEU**

La Réserve Forestière de Yoko est située dans la collectivité Bakumu – Mangongo, dans le territoire d'Ubundu, dans le district de la Tshopo et dans la province orientale Elle est incluse dans la région faunistique Sud du bassin du Congo réputée moins riche par rapport à la région faunistique Nord [9], précisément dans l'interfluve Lomani-Lualaba.

La réserve forestière de la Yoko (6975 ha) est située au sud de la ville de Kisangani entre les points kilométriques 21 et 28 sur l'axe routier Kisangani-Ubundu. Ses coordonnées prises au moyen du GPS (Garmin GPS 76) sont les suivantes : 413 m d'altitude, 00° 17,383' N de latitude et 25° 17,215' E de longitude. Etant située à la périphérie de la ville de Kisangani, elle bénéficie du même climat régional que la ville ; climat équatorial de type Af, de la classification de Koppen, caractérisé par des températures moyennes du moi le plus froid supérieures à 18 °C, avec une amplitude thermique annuelle inférieure à 5 °C. La moyenne de précipitation du moi le plus sec oscille autour de 60 mm.

Selon Lomba [10], sa végétation est principalement composée par une forêt mixte qui renferme les principaux types d'habitats caractéristiques des forêts tropicales à savoir : les forêts primaires et secondaires de terre ferme. Dans la partie Nord, c'est une végétation sempervirente à *Brachystegia laurentii* (De wild) Louis., alliance *Gilbertiodendro-Scorodophleion*, ordre des *Gilbertiodendretalian dewevrei*, de la classe de *Strombosio-Parinaterietea*. La partie Sud par contre appartient à la forêt semi-caducifoliée à *Scorodophloeus zenkeri* Harms., alliance *Oxystigmo-Scorodophleion*, ordre des *Piptadeniostro-Celtidetalia*, classe des *Strombosio-Parinaterietea*.

Elle est entourée à sa périphérie par une étendue de forêt dégradée (jachères) que la population riveraine utilise pour ses activités agricoles mais, dont une grande partie figure dans la garantie d'approvisionnement des compagnies forestières (CFT et Bego Congo). Le sol de la RFY présente les caractéristiques reconnues aux sols de la cuvette centrale : rouge ocre, avec un faible rapport de silice sesquioxyde de la fraction argileuse [10].

## 2.2 INSTALLATION DU DISPOSITIF ET COLLECTE DES DONNEES

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

L'aire de dispositif est de 9 ha, subdivisée en hectare individuels dans lesquels les inventaires ont été réalisés à positionnant chaque individu selon les coordonnées cartésiennes (X, Y), faisant au total 5 ha pour l'inventaire complet des arbres de 10 cm de dbh (choix aléatoire en jeu de dame dans le but d'une représentativité de l'échantillon dans l'ensemble de dispositif) et 9 ha pour l'inventaire de l'espèce trouvée la plus importante dans l'ensemble du peuplement. La valeur de X varie selon que nous avançons vers Ouest et celle de Y plus on va vers Nord.

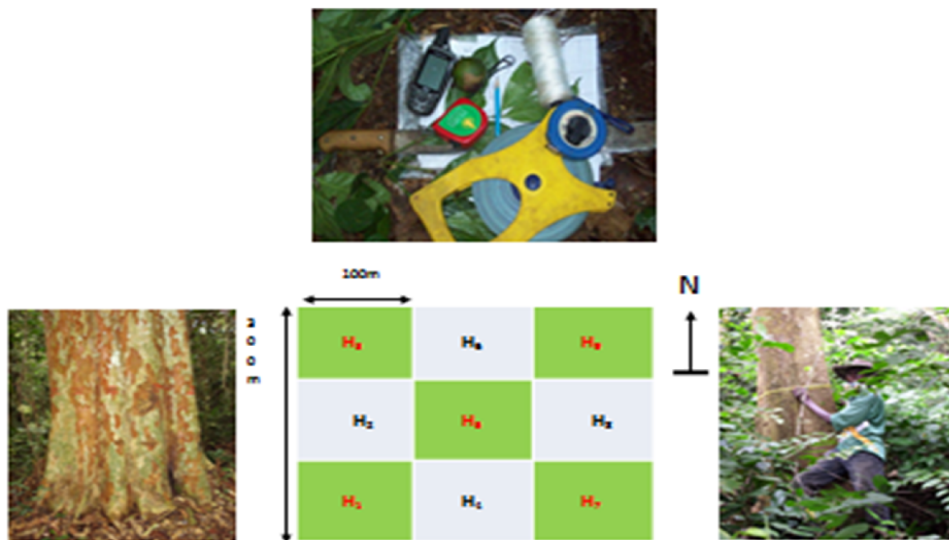


Figure 1. Equipement du travail, manière de relever la circonférence, l'espèce la plus importante enfin le dispositif de collecte des données. H= Hectare (1,....9). En vert pour l'inventaire complet.

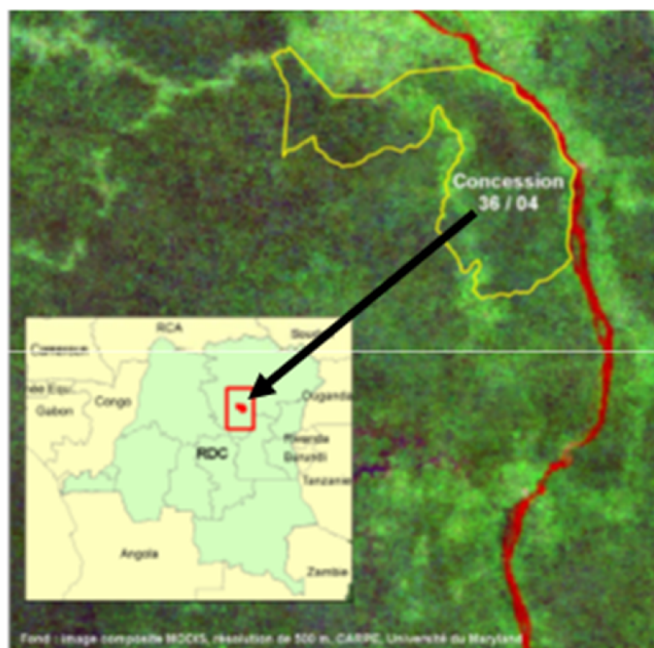


Figure 2. Carte montrant la localisation géographique de la RDC et de la concession 36/04

## 2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Autant d'indices nous permettent de dire si la diversité est forte ou faible et cela dépend de leurs interprétations. Dans le cadre de ce travail, nous avons choisi trois indices, (Simpson, Shannon et Morisita-horn), qui nous ont permis de voir si notre site est diversifiée ou non, et de tester les différences s'il ya lieu entre les différentes parcelles. Le calcul de ces indices de diversité a été facilité par l'utilisation des logiciels Past, Excel et K (r) de Ripley pour caractériser la structure spatiale de l'espèce la plus importante.

## 3 RESULTATS

### 3.1 ANALYSE DE LA DIVERSITE DES PEULEMENTS

#### 3.1.1 ANALYSE FLORISTIQUE

Dans l'ensemble, 1919 arbres de 10 cm dbh ont été recensés dans cinq hectares. Ces individus sont classés dans 98 genres, 141 espèces et 31 familles ; avec une densité moyenne de 19,6 genres par hectare, 28,2 espèces par hectare et 6,2 familles par hectare.

#### 3.1.2 ANALYSE DE LA DIVERSITÉ

Le tableau 1 donne les valeurs calculées d'indices de biodiversité.

**Tableau 1. Indice de diversité de Simpson et de Shannon**

Parcelles	H1	H2	H3	H4	H5
Taxa S	82	99	93	92	80
Individuels	412	419	396	378	314
Shannon H	3,791	4,171	3,885	4,038	3,957
Simpson 1-D	0,9602	0,9783	0,9669	0,9748	0,9735

Il ressort de ce tableau qu'il existe une forte diversité à l'échelle locale.

Le tableau 2 donne les résultats de la comparaison des parcelles réalisée par la méthode de Morisita-Horn

**Tableau 2. Comparaison des communautés (Parcelles) par la méthode de Morisita-Horn**

Parcelles	H1	H2	H3	H4	H5
H1	1	0,70724	0,68385	0,63963	0,47108
H2	0,70724	1	0,65656	0,68919	0,64888
H3	0,68385	0,65656	1	0,7877	0,66236
H4	0,63963	0,68919	0,7877	1	0,61394
H5	0,47108	0,64888	0,66236	0,61394	1

La comparaison des communautés par la méthode de Morisita-Horn révèle une différence significative à l'échelle locale (hectare).

**Tableau 3. Comparaison des communautés (Parcelles) par la méthode Simpson**

Parcelles	H1	H2	H3	H4	H5
H1	1	0,81707	0,73171	0,7439	0,7
H2	0,81707	1	0,74194	0,83696	0,775
H3	0,73171	0,74194	1	0,73913	0,75
H4	0,7439	0,83696	0,73913	1	0,675
H5	0,7	0,775	0,75	0,675	1

De même l'interprétation du résultat du tableau 3 nous confirme de nouveau la différence significative entre les communautés du point de vue composition floristique.

Le dendrogramme présenté à la figure 3 illustre le degré de rapprochement ou de ressemblance entre les parcelles (hectares). Il nous montre visiblement deux communautés végétales cohérentes, à faible coefficient de similarité et constituées chacune des parcelles plus ou moins rapprochées où H5 reste indépendante vis-à-vis des H3 et H4 ainsi que H2 et H1 qui sont apparemment regroupées deux à deux.

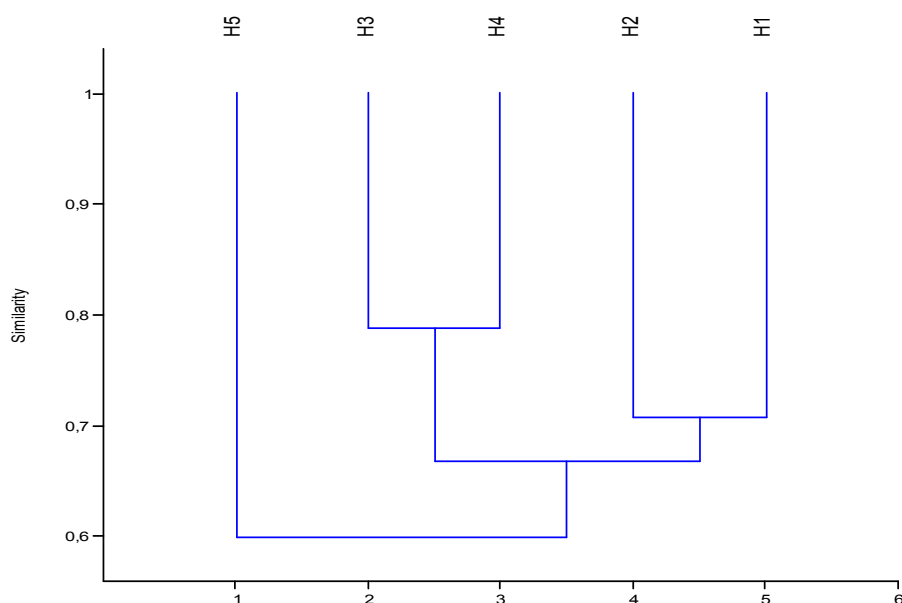


Figure 3. Dendrogramme de ressemblance entre les différentes parcelles d'inventaire en plein construit par Logiciel Past sur base des données floristiques des cinq parcelles.

Les données introduites sont la présence ou l'absence et l'indice de similarité calculé est celui de Morisita-Horn et Simpson. Les variations observées entre les parcelles s'expliquent par le relief que présente notre terrain d'étude, qui est très accidenté et montrant des grandes dénivellations et variabilités entre les parcelles ; conditionnant l'adaptabilité des communautés végétales.

### 3.2 ANALYSE STRUCTURALE DES PEUPEMENTS

#### 3.2.1 DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE

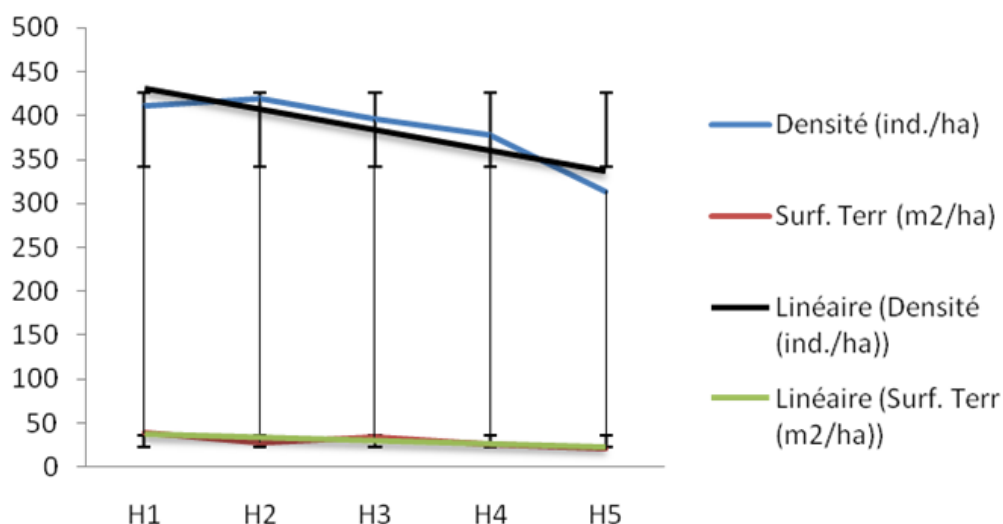


Figure 4. Densité des espèces en fonction de leur surface terrières (Légende : H1 ;... ; H5=Hectare un ;... ; Hectare cinq).

La lecture de cette figure ci-dessus montre que le nombre des tiges inventoriées par hectare corrèle avec la surface terrière. Plus la densité est élevée, plus la surface terrière est élevée. Toutefois, une petite déviation est observée dans la parcelle un et deux où la densité est rapportée par la parcelle deux, contrairement à la surface terrière qui est maximiser par la parcelle un. La parcelle cinq vient à dernière position en terme de densité et occupation du sol à 1,30 m par les troncs.

### 3.3 STRUCTURE DIAMÉTRIQUE

La structure diamétrique est définie ici par le nombre des tiges inventoriées par catégories de classe de diamètre pour l'ensemble de la forêt étudiée. Elle permet de déterminer l'équilibre du peuplement ainsi que, sur base du rapport DBH-hauteur, tempérament et les possibilités des recrutements des espèces [11]. Au total, 19 classes de diamètre ont été définies et montrent pour l'ensemble une répartition à courbe portant plus d'individus dans les basses classes et décroît suivant les classes suivantes. Ainsi, la structure globale du peuplement se présente comme ci-dessous :

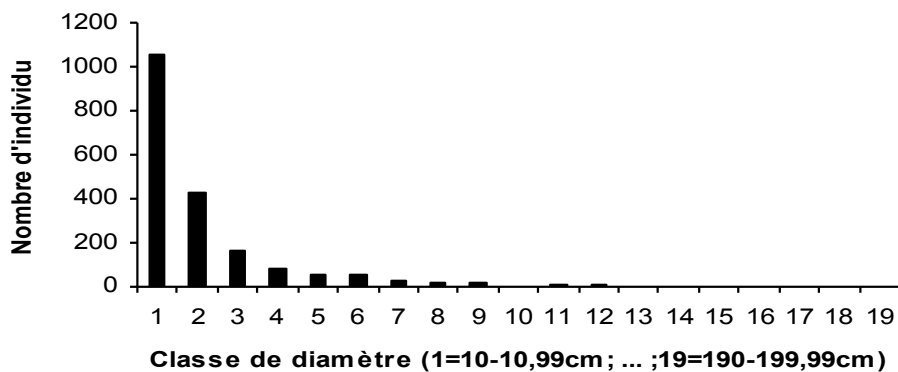


Figure 5. Structure de diamètre des tiges des arbres relevé à 1.3 m du sol : Nombre d'individus par classe de diamètre (1= [10-19,99cm [, ...]).

La classe 1, de diamètre 10-19,99 cm, se démarque en nombre d'individus (1051 tiges, soit 54% du total des tiges inventoriées). Elle est suivie de celle de 2, diamètre 20-29,99 cm (427 tiges, soit 22,5% du total de tiges). Par contre, les classes de diamètre 14, 15, 16, 17 et 18 ne renferment aucune tige. La courbe montre une allure à J inversé ; ceci implique une bonne régénération dans notre site.

Enfin de nous permettre de comparer les fréquences parcelle par parcelle et de vérifier l'hypothèse selon laquelle, au sein de la population, la fréquence des arbres est différente d'une parcelle à l'autre, le test de khi deux et les degrés de liberté ont été calculés. Le résultat obtenu nous montre qu'il y a une différence significative vis-à-vis des espèces et de l'occupation du sol dans les cinq premières parcelles.

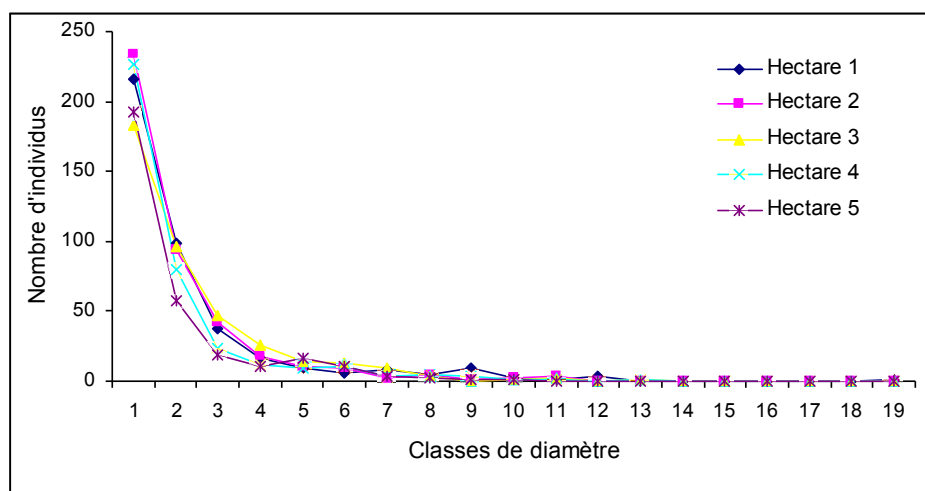


Figure 6. Structure du peuplement par hectare

La figure ci-dessus présente les structures totales de l'ensemble du peuplement pour chaque hectare d'inventaire. L'allure que nous présente la figure ci-haute est visuellement uniforme pour l'ensemble d'inventaire et représente une exponentielle, caractéristique des forêts denses humides mature [12].

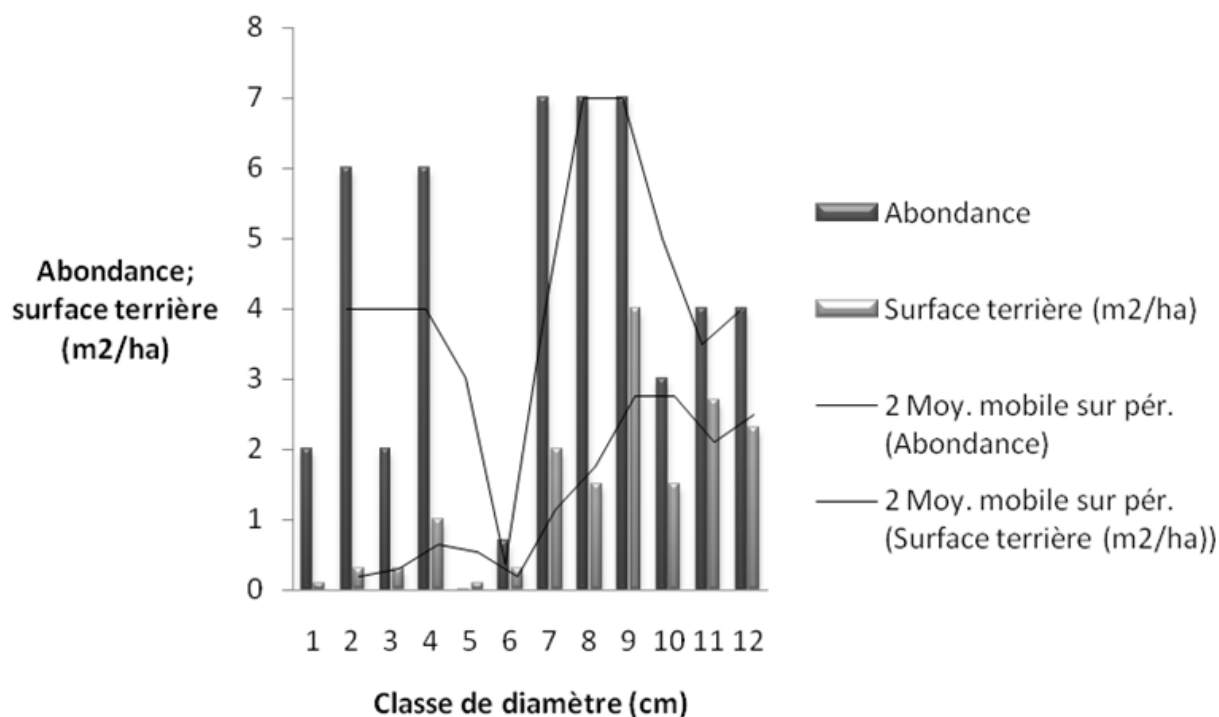


Figure 7. Structure de diamètre des pieds de *Pericopsis elata* Harms

Le nombre d'individus élevé au niveau des classes de diamètre 2, 4, 7, 8 et 9, avec un pic au niveau de la classe 7, 8 et 9 ([70-79,99 cm..., 90-99 cm [ ) montrant une allure de courbe en cloche. Ceci implique une faible régénération de l'espèce la plus importante de notre travail.

### 3.4 STRUCTURE DE LA CANOPEE (LES ETAGES)

En soumettant *Pericopsis elata* Harms, espèce la plus importante de notre site à une analyse, en utilisant la fonction K (r) de Ripley, il a été remarqué ce qui suit :

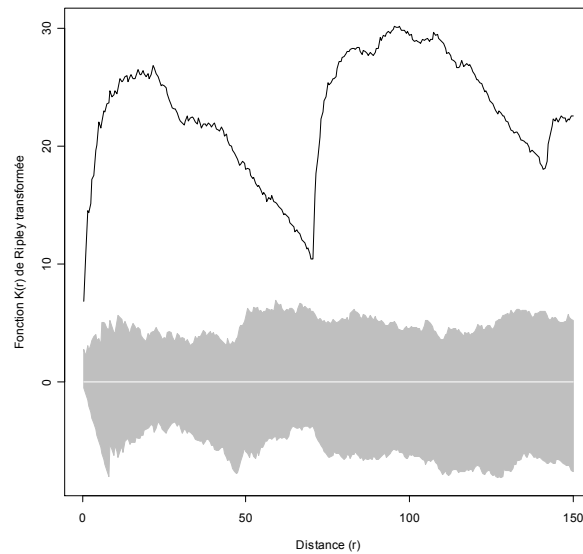


Figure 9. Caractérisation spatiale de *Pericopsis elata* (Harms)

*Pericopsis elata* Harms a une configuration spatiale agrégée significativement en toutes les distances de la zone étudiée. La courbe passe totalement au-dessus de l'intervalle de confiance qui est à couleur grise.

#### 4 DISCUSSION

##### IMPORTANCE TAXONOMIQUE DE TAXONS

Malgré les limites de la surface d'étude, le chiffre observé chez [10] pour une surface de 1,2 ha est intéressant (410 individus, 65 genres, 87 espèces et 26 familles) ; ce qui nous pousse à dire que les facteurs de la distribution des espèces dans une forêt naturelle varient d'un milieu à l'autre, les méthodes d'inventaires, l'aire d'échantillonnage, les délimitations des formations végétales qui sont loin d'être similaires, parfois totalement différentes d'un auteur à l'autre et de la nature de ceux milieu [10].

Contrairement à [10] qui affirme l'abondance de l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms, notre recherche dans la même partie n'a pas obéi à la règle, cette espèce a été substituée par l'espèce *Microdesmis yafungana* J. Léonard. Cela se justifie par la nature du terrain ainsi que la préférence écologique des espèces. Notre site est parmi les terrains qui présentent plus d'accident, enregistrant des ondulations et des pentes, rendant la vie difficile même aux chercheurs qu'aux arbres. La majorité des dispositifs posés à Yoko par les chercheurs sont sur le plateau et terre ferme ; ce qui justifie parfois la monotonie. On considère que les éléments de structure sont le résultat de la dynamique du peuplement et des éclaircies, et que les variations des conditions locales de station peuvent induire des hétérogénéités [6].

##### STRUCTURE DU PEUPEMENT

Dans notre site de travail, les structures observées nous poussent à confirmer que notre site de travail se situe dans une forêt n'ayant pas connue des perturbations humaines. Selon Rollet [12], dans les forêts ombrophiles tropicales non modifiées, le nombre d'individus par classe de diamètre décroît presque significativement avec l'augmentation du diamètre des arbres. La structure du peuplement étudiée présente beaucoup d'individus dans les classes de diamètre inférieures ; ceci implique une bonne régénération des arbres dans notre site.

La surface terrière par classe de diamètre des tiges inventoriées, présente une structure qui diffère de celle de la densité des tiges par classe de diamètre. La structure varie ici en fonction de la grosseur des tiges et non du nombre des tiges par classe de diamètre.

On observe au total, 19 classes de diamètre à 1,30 m du sol allant de 10 à 199,99 cm. L'allure que nous présente la figure 6 est visuellement uniforme pour l'ensemble d'inventaire et représente une exponentielle, caractéristique des forêts denses

humides mature [12]. Une décroissance montrant un écart important entre les tiges de petites dimensions (classes 1, 2, 3 et 4) caractérise l'ensemble des sites décrivant ainsi un décalage régressif logiquement significatif au fur et à mesure que le DBH augmente, ce qui indique une bonne représentation dans le sous-bois grâce à l'abondance des individus sciaphiles. Ce qui veut dire autrement que notre site est naturelle et/ou moins perturbée par les faits anthropiques [13]

En se référant aux trois possibilités qu'offre Rite [8], les figures ci-hauts (9, 10, et 11) s'orientent de plus en plus vers les formes irrégulières et à bouquet, ce qui veut dire en d'autres termes, l'implantation des arbres dans une forêt dense naturelle est fonction d'hasard et cet hasard est fonction de mode de dissémination et des certaines particularités qu'offrent le milieu (pente, ruissèlement, Type du sol, etc.).

La fonction transformée  $k(r)$  de Ripley nous a donné une lumière sur l'interprétation du type de configuration. Il ressort que l'espèce *Pericopsis elata* (Harms) est significativement agrégée. Les écartements entre deux pieds d'*Afrormosia* étaient parfois moins de cinq mètres. C'est ce qui justifie présentement son gréganisme dû à la préférence pour le milieu, l'influence de la topographie et du sol. De nombreux auteurs ont insisté sur le fait qu'il est difficile de préciser les préférences écologiques de certaines espèces forestières en raison de leur grande amplitude. Mais chaque espèce a au moins un biotope où elle réalise son développement optimal [14], [15].

## 5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Les légumineuses sont abondantes dans la forêt de Yoko. Outre la densité qui est ici représentée par l'espèce *Microdesmis yafungana*, tous les restes des paramètres quantitatifs que nous avons calculé, l'espèce *Pericopsis elata* et la famille Fabaceae ont pris la tête. Cet avantage leur est offert d'une part par la taille des individus qu'elles contiennent ; d'autre part grâce à la nouvelle classification des Angiospermes (APG). Afin de mettre en évidence ce paramètre de diversité, quelques indices ont été calculés (Shannon et Simpson), ce qui a permis de souligner que la forêt de la Yoko tout comme celle de l'ensemble de la cuvette centrale congolaise, sont d'un intérêt écologique majeur. Elle est donc reconnue tant dans le contexte régional que national, quel que soit sa perturbation par la population environnante à la recherche permanente de certaines ressources de cette forêt, sa diversité biologique est maintenue.

Quant à l'analyse structurale, le DBH des espèces inventoriées est ici inversement proportionnel à la densité des tiges. Ceci indique que dans l'ensemble, la régénération des espèces est bonne dans la forêt hétérogène de Yoko. La répartition spatiale des arbres nous a conduit à confirmer les caractères grégaires des arbres du peuplement et des certaines espèces. Ainsi, nous concluons pour dire qu'une étude structurale des peuplements forestiers hétérogènes est d'importance capitale car elle nous renseigne sur les processus naturels des arbres (croissance, régénération, démographie) ou l'action de l'humain dans l'écosystème forestier. Nous suggérons que d'autres études se poursuivent dans la même contrée et fassent l'objet d'analyses structurales des arbres en tailles, avec des outils autres que les classiques (Histogrammes, estimations des lois des distributions, corrélations). Ses analyses pourraient avoir d'intérêts pour nous compléter, la prise en compte de l'environnement et se révéler plus résilients aux aléas climatiques ou autres agressions, voir un éventuel changement climatique.

## REFERENCES

- [1] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Republic Democratic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. *Journal of Advanced Botany & Zoology*. V211. DOI: 10.15297/JABZ.V211.02, 2014.
- [2] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (Provincedu Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [3] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V312. DOI: 10.15297/JABZ.V312.02, 2015.
- [4] 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*, V312. DOI: 10.15297/JABZ.V312.01, 2015.
- [5] S.M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Thèse de doctorat, Fac. Sci., Université Libre de Bruxelles, 2008.

- [6] F. Goreaud and R. Pélissier. On explicit formulas of edge effect correlation for Ripley's K- function. *Journal of vegetation Science*, Vol. 10, pp. 433-438, 1999.
- [7] M.A. Ngo Bieng. Construction de modèles de structure spatiale permanente de simuler des peuplements virtuels réalistes. Thèse de doctorat, ENGREF, Centre de Nancy, 2007.
- [8] B. Rite. Analyse de la distribution spatiale d'objet dans un paysage. Fiche d'enseignement, Labo de gestion des écosystèmes (GECOS), Lansange, 2000.
- [9] FAO. Convention sur la biodiversité et résolutions relatives: Commission des Ressources Génétiques. 5ème session, Rome, 1993.
- [10] B.L. Lomba. Contribution à l'étude de la phytodiversité de Yoko (Ubundu, RD. Congo). D.E.S, Inédit, Fac. Sci., Université de Kisangani, 2007.
- [11] B. Boyemba. Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), D.E.A, Inédit, Fac. Sci., Université Libre de Bruxelles, 2006.
- [12] J.-L. Doucet. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts centrales du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 2003.
- [13] B. Rollet. L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine. CTFT. Nogentsur Marne, France, 1974.
- [14] C. Evrard. Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale Congolaise. *Publ. rfr~EAC, Sér. Sc.*, Vol. 110, 295p, 1968.
- [15] I. Lebrun, G. Gilbert. Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. [NEAC, Série Sci. Vol. 63, 89p, 1954.*

## Comportement et adaptabilité de quelques variétés biofortifiées du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) en conditions agro-écologiques des provinces du Nord et Sud Kivu à l'Est de la RD Congo

### [ Behaviour and adaptability of some biofortified varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in agro-ecological conditions of the provinces of North and South Kivu in eastern of DR Congo ]

C. Mirindi<sup>1</sup>, N. Mbikayi<sup>1</sup>, R. Kijana<sup>1</sup>, K. Elukessu<sup>1</sup>, R. Bakulikira<sup>1</sup>, Koleramungu<sup>1</sup>, E. Mongana<sup>1</sup>, and K. J. A. Rubabura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mulungu Research Station,  
Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques, INERA,  
P.O. Box 2037 Kinshasa 1, Av. de Cliniques, Kinshasa-Gombe,  
Bukavu, Sud Kivu, DR Congo

<sup>2</sup>Department de Biologie,  
Centre de Recherche en Sciences Naturelles, CRSN-LWIRO,  
Bukavu, Sud Kivu, DR 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 study was conducted in the two eastern provinces of DR. Congo, namely the North and South Kivu, respectively as low-lying areas in Rutshuru and medium altitude PABU and Mulungu. The objective is to identify the variety that best suits whose seeds yield is stable in these different environments. The trials were installed after the device RCB and results of the analysis was done using the software Statistix. The results show that there was no significant difference between the varieties by the overall averages of yields (kg / ha). Considering the *AFR708* varieties (2046.5kg / ha) *Hm21-7* (1949.3kg / ha) and *RWR2245* (1861kg / ha) have higher average returns in the three test sites and these varieties are found in the station site Mulungu where agro-ecological conditions are favorable. However, some varieties (niche) can be recommended for each site. These include: For the site of Mulungu, all varieties except *ACC714* that has not made at least 800 kg / ha despite favorable crop conditions in this site; for the site PABU the varieties *CODMLB033*, *AFR708*, and *CNF5520*, *RWR2154* and the site CEDERU the *RWR2245* variety. As for the sensitivity of varieties to major diseases, the results (0.05) demonstrated a reaction ranging from resistant (for diseases *Ascochyta* blight, anthracnose and rust) and middle (for angular spot).

**KEYWORDS:** Yield, Mulungu, Rutshuru, Low altitude, Medium altitude.

**RESUME:** L'étude s'est déroulée dans les deux provinces de l'Est de la RD. Congo, à savoir le Nord et le Sud Kivu, respectivement comme zones de basse altitude à Rutshuru et de moyenne altitude à PABU et à Mulungu. L'objectif est d'identifier la variété qui s'adapte mieux et dont le rendement en graines est stable dans ces différents environnements. Les essais ont été installés suivant le dispositif des blocs complets randomisés et l'analyse des résultats a été faite à l'aide du logiciel Statistix. Les résultats montrent qu'il n'y avait pas de différence significative entre les variétés de par les moyennes générales de leurs rendements (kg/ha). Considérant les variétés *AFR708* (2046.5kg/ha), *Hm21-7* (1949.3kg/ha) et *RWR2245* (1861kg/ha) ont des rendements moyens supérieurs dans les trois sites d'essai et ces variétés se retrouvent dans le site de la station Mulungu où les conditions agro-écologiques sont favorables. Néanmoins, certaines variétés (de niche) peuvent être

recommandées pour chaque site. Il s'agit entre autres : Pour le site de Mulungu, toutes les variétés, sauf ACC714 qui n'a pas réalisé au moins 800 kg/ha malgré les conditions favorables des cultures dans ce site ; pour le site de PABU, les variétés CODMLB033, AFR708, CNF5520 et RWR2154 et pour le site de CEDERU, la variété RWR2245. Quant à la sensibilité des variétés aux principales maladies, les résultats (à 0.05) ont démontré une réaction variant de résistante (pour les maladies d'Ascochytose, Anthracnose et Rouille) à intermédiaire (pour la Tache anguleuse).

**MOTS-CLEFS:** Rendement, Mulungu, Rutshuru, Basse altitude, Moyenne altitude.

## 1 INTRODUCTION

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris L.*) pousse dans 128 pays sur plus de 27 millions d'hectare à travers le monde, avec une production totale de près de 20 millions de tonnes chaque année. Le rendement moyen mondial est d'environ 720 kg/ha[1].

La culture du haricot revêt une très grande importance dans la production alimentaire dans les provinces du Sud et Nord Kivu à l'Est de la RD. Congo. Pendant les années 2009-2011, avec une production de 530985 tonnes sur une superficie de 691883 ha emblavée au Sud Kivu et 905882 tonnes sur une superficie de 1008498 ha emblavée au Nord Kivu, le haricot occupe la première place en terrain emblavé en cultures vivrières [2].

Sa production représente 95% de la production mondiale de haricots. Moins de 5% de la production totale provient de trois autres espèces de *Phaseolus* comme le niébé, le pois d'Angole et le pois du Cap[3].

Il est un aliment important et constitue 65% de l'apport protéique dans l'alimentation humaine et 32% des calories. Il apporte également du fer, du zinc, des fibres et des carbohydrates lents [4]. La teneur en lysine des graines de haricots est relativement importante et améliore la qualité alimentaire des céréales au niveau des protéines. Par contre, elles sont déficientes en méthionine, trouvée en quantité satisfaisante dans les céréales. Les céréales et les haricots contribuent donc de manière complémentaire à la valeur nutritive du régime alimentaire des peuples de plusieurs régions du monde[5].

Il représente une source de revenus notables et de plus en plus importante en faveur des foyers ruraux. Les ventes annuelles africaines du haricot s'élèvent à plus de 580 millions de dollars en 2005[6].

Dans les zones agricoles du Nord et du Sud Kivu, à l'instar de toutes les régions agricoles des Pays des Grands Lacs, diverses variétés de haricot sont généralement cultivées au rythme de deux récoltes par an, chaque variété (ou mélange de variétés) étant adaptée aux conditions agro-écologiques (sols, ravageurs et maladies) et climatiques locales[4].

C'est dans ces deux provinces orientales que l'on consomme principalement le haricot, une consommation estimée à 300 g par habitant et par jour [7].

Malgré l'importance du haricot en tant que denrée alimentaire de base et source de revenus, les agriculteurs congolais ne parviennent pas à satisfaire à la demande. Cette situation s'explique par la faible productivité du haricot et par l'inaccessibilité aux semences de bonne qualité des variétés préférées [4].

Bien plus, s'ajoutent les maladies et insectes ravageurs; la faible fertilité des sols; l'exploitation continue des sols sans méthodes de conservation adéquate [1]; le haricot qui n'est souvent pas fertilisé à cause de l'insuffisance de fumure et l'adoption lente du haricot volubile qui est potentiellement très productif mais exigeant en tuteurs[8].

Suite à l'insuffisance de terres cultivables (moins de 0,5 hectare par ménage) causée par l'explosion démographique (densité de la population estimée autour de 300-350 habitants par km<sup>2</sup>), surtout dans les territoires situés autour de la ville de Bukavu, les agriculteurs pratiquent l'association des bananiers et des légumineuses ([9] ; [10]).

L'une des préoccupations de la recherche agronomique est le développement et la diffusion de technologies en vue d'accroître la production agricole afin d'assurer la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté. Ces préoccupations sont importantes pour relever les défis de la malnutrition et de la sous-alimentation conduisant à des pertes en vies humaines et de baisse de productivité de travail [11].

Au Nord et au Sud Kivu, plusieurs variétés sont cultivées sur base des critères préférentiels de chaque agriculteur (pour des causes personnelles des agriculteurs) : variétés anciennes et bien connues, variétés produisant bien sur leurs sols, ne dégénèrent presque pas, productives, variétés préférées par le marché, de bon goût, etc. Ces variétés étaient cultivées avant qu'elles soient identifiées comme renfermant les propriétés "biofortifiées", parce que préférées par les agriculteurs.

L'identification des variétés performantes parmi celles diffusées par la recherche demeure une préoccupation majeure et une solution palliative aux différents problèmes de production agricole au niveau paysan.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATERIEL

#### 2.1.1 LES VARIÉTÉS

Le tableau 1 présente les caractéristiques des variétés testées dans les essais d'adaptation [12].

*Tableau 1. Quelques caractéristiques des variétés testées.*

Variétés	Type croissance	Grosseur graine	Couleur graine	Maturité (en jours)
<i>Hm21-7</i>	Ia	Moyenne	Rouge rayé	
<i>CODMLB033</i>	Ia	Moyenne	Rouge taché de blanc	93
<i>UBR(92)25</i>	I	Moyenne	Blanche	93
<i>CODMLB001</i>	Ia	Moyenne	Violet noirâtre rayé	88
<i>RWR2245</i>	I	Moyenne	Rouge rayé	90
<i>AFR708</i>	II	grande	Rouge taché de blanc	90
<i>ZKA93-10m/95</i>	Ila	Moyenne	Jaune	88
<i>RWR2154</i>	IIIb	Moyenne	Blanc rayé	93
<i>ECAPAN021</i>	Ila	Moyenne	Rouge rayé	90
<i>CNF5520</i>	I	Moyenne	Rouge rayé	93
<i>MAHARAGI SOJA</i>	IIIa	petite	Beige-crème	99
<i>ACC714</i>	IIIb	petite	Noire	90



**Fig. 1. PHOTOS DE DOUZE VARIETES EVALUEES DANS L'ESSAI NATIONAL DE PERFORMANCE 2012-2013**

*Photos : Ir Mirindi Cirhuza Télésphore(2015)*

Pendant les trois saisons d'évaluation, douze variétés naines et semi-volubiles du haricot ont été testées en essais variétaux d'adaptation. Elles provenaient du germoplasme du Centre de recherche de l'INERA-MULUNGU. Ces différentes variétés étaient déjà en diffusion (petite échelle), car ayant terminé leur cycle (schéma) de sélection. Il s'agit de *Hm21-7*, *CODMLB033*, *UBR(92)25*, *CODMLB001*, *RWR2245*, *AFR708*, *ZKA93-10m/95*, *RWR2154*, *ECAPAN021*, *CNF5520*, *MAHARAGI SOJA*, *ACC714*.

### 2.1.2 LES SITES EXPÉRIMENTAUX

Les sites expérimentaux étaient choisis dans les deux provinces de l'Est de la R.D.Congo, à savoir le nord et le Sud Kivu, respectivement comme zones de basse altitude (1089 m) à Rutshuru et de moyenne altitude à PABU (1542m) et à Mulungu (1665m).

Tableau 2. Les données pluviométriques (mm) des sites d'essais durant les saisons culturales [14]

SAISONS CULTURALES	SITES		
	MULUNGU	PABU	CEDERU
2012A	586.5	907.1	569.5
2013A	730.8	878.5	649.2
2013B	1025	708.4	371.5

Il ressort du tableau 2 que d'une manière générale, les quantités des pluies les plus moindres dans les trois sites ont été enregistrées dans le site de CEDERU comparativement aux autres sites. En saison culturale 2013B, ce site n'a pas atteint la valeur normale requise (400mm) pour le développement végétatif du haricot.

A MULUNGU, la pluie (en 2012A) est en-dessous de la moyenne acceptable (600mm)[13]. Tandis qu'en 2013A, elle est normale par rapport à la moyenne ; et en 2013B, elle est excessive. A PABU, la pluie(en 2012A)est élevée ; tandis qu'en 2013A, elle assez élevée ; et en 2013B, elle est normale. A CEDERU, la pluie (en 2012A) est moyenne ; tandis qu'en saison culturale 2013A, elle est normale et en saison culturale 2013B, elle est très basse.

Le tableau 3 présente les résultats des analyses obtenus aux laboratoires de l'INERA-MULUNGU et de Yaoundé au Cameroun via IITA, bureau du Sud Kivu en République Démocratique du Congo.

Tableau 3. Résultats des analyses des sols des sites d'essais [15]

Sites	p <sup>H</sup> H <sub>2</sub> O	% N	% C	C/N	% M.O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CEC	Ca	Mg	Na	K
Mulungu/ INERA	5,2	0,1	3	30	5,2	7,7	—	—	—	—	—
PABU/ Katana	6,8	—	4,1	—	7,0	33,7	—	11,7	3,9	0,1	1,9
CEDERU/ Rutshuru	5,6	0,2	2,2	11	3,8	—	12,5	8,6	2,9	0,2	0,8

D'après la clé d'interprétation de [16], le tableau 3 montre qu'à MULUNGU, le sol d'essai est acide (pH=5.2), riche en matière organique et teneur faible en phosphore assimilable. A PABU, le sol d'essai est à acidité neutre (pH=6.8), très riche en matière organique, teneur moyenne en phosphore assimilable et teneur très élevée en potassium échangeable. A CEDERU, le sol d'essai est faiblement acide(pH=5.6),riche en matière organique et teneur élevée en potassium échangeable.

Les sols de ces trois sites sont en général volcaniques, avec une teneur pauvre en azote. Cette pauvreté en azote s'explique par l'exploitation prolongée de ces sols par les agriculteurs [17].Au Sud Kivu surtout, on constate une exploitation sur des terrains en pente avec des pratiques culturales inappropriées et une gestion calamiteuse de l'érosion, de la fertilité des sols.

## 2.2 METHODES

### 2.2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET CONDUITE DES ESSAIS

Les essais variétaux d'adaptation ont été menés pendant trois saisons consécutives 2012B, 2013A et 2013B. Le dispositif des blocs complets randomisés à 3 répétitions a été utilisé. La parcelle élémentaire était de 2,4m<sup>2</sup> (3m x 0.8m).

Pour l'homogénéité des essais et du matériel utilisé, tous les protocoles et toutes les semences étaient préparés au Centre de recherche de l'INERA-MULUNGU. L'installation et la récolte de ces essais dans tous les sites étaient faites par l'équipe scientifique et technique de l'INERA. Par contre, les entretiens étaient réalisés par les équipes techniques des partenaires responsabilisés dans chaque site.

### 2.2.2 SUIVI DES ESSAIS ET COLLECTE DES DONNEES

Deux à trois visites par saison étaient effectuées dans chaque site pour observer la conformité des essais. Les observations portaient sur le rendement, le type de plants, le cycle végétatif (jours à la maturité) et les principales maladies telles la tache anguleuse, l'ascochytose, l'antracnose et la virose. La cotation de ces maladies était réalisée suivant l'échelle standard (1 à 9) mise en place par CIAT[18].

### 2.2.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

L'analyse statistique des données a été faite sur base des rendements parcellaires extrapolés à l'hectare afin de comparer les différentes variétés dans chaque site.

L'analyse de la variance a été faite suivant le logiciel statistix 8. La comparaison des moyennes à partir de la plus petite différence significative (Lsd) et le coefficient de variation (CV %) ont été utilisés pour juger de la validité des résultats obtenus.

## 3 RESULTATS

Les résultats détaillés sur les rendements des essais par années et par sites ainsi que sur la réaction des variétés vis-à-vis de principales maladies sont repris dans les tableaux 4 et 5.

### 3.1 RENDEMENTS DES VARIÉTÉS

#### 3.1.1 SYNTHÈSE GLOBALE DES RENDEMENTS

*Tableau 4. Moyennes globales des rendements des variétés utilisées dans les trois sites d'essais*

Sites	Variétés	Rendements des variétés/saison (kg/ha)			Moyennes générales
		2012B	2013A	2013B	
MULUNGU	Hm21-7	2966.3a	888.7cdefghi	1994ab	1949,3 a**
	CODMLB033	2813.3 ab	889.7cdefghi	1706.7abcd	1802,7 ab*
	UBR(92)25	2809.3 ab	1128.7abcde	1517.7abcdef	1818 ab*
	CODMLBOO1	2699.3 abc	671.7efghijk	998.3 efghi	1456abcdefg
	RWR2245	2670.7 abc	1337.3abc	1576abcdef	1861 a**
	AFR708	2640.3 abc	1547ab	1952.3ab	2046,5a**
	ZKA93-10m/95	2379bcd	1038.7bcdef	1662.3abcde	1693 abcd*
	RWR2154	2241.3 bcd	926 cdefgh	2119a	1762 abc*
	ECAPAN021	2227.3cd	1149.7abcde	1547abcdef	1641 abcde *
	CNF5520	1872 de	962.3cdefg	1803.7abc	1545.7abcdef *
	MAHARAGI-S	749.7 ghijkl	656.3efghijk	1214.7 cdefgh	873cdefgh *
ACC714	612.3 hijkl	305.3jk	1426 bcdefg	781defgh *	
PABU/Katana	CODMLB033	494 ijkl	1675 a	614 hijk	927,7bcdefgh*
	RWR2245	452.3 jkl	862.5cdefghij	923.3 fghij	745.7efgh
	AFR708	380 jkl	808.3cdefghijk	1340 bcdefg	842,7defgh *
	UBR(92)25	372 jkl	545.8fghijk	362 ijk	426,3 h
	ACC714	334.3 kl	300jk	240 k	291,3 h
	Hm21-7	327.3 kl	512.5fghijk	1133.3cdefgh	657,3fgh
	CNF5520	324.7 kl	1297.2abcd	1020.3 efghi	880,3cdefgh*
	ECAPAN021	298.3 kl	766.6cdefghijk	1101defgh	721,7fgh *
	RWR2154	285.7 l	721.9defghijk	1549.7abcdef	851,7cdefgh*
	ZKA93-10m/95	269 l	697.4efghijk	1076 defgh	680,7fgh
	MAHARAGI-S	219 l	356.2hijk	619hijk	398 h
CODMLBOO1	212 l	731.2defghijk	790 ghijk	577,7gh	
CEDERU/Kibututu	RWR2245	2048.3 d	284 k	252 jk	861,3cdefgh*
	CODMLBOO1	1395.3ef	552fghijk	401 ijk	782,7defgh *
	UBR(92)25	1319.3efg	325.3ijk	348 ijk	664 fgh
	RWR2154	1180fgh	451.7ghijk	379 ijk	670 fgh
	Hm21-7	1041.3fghi	665.3efghijk	361 ijk	689 fgh
	ZKA93-10m/95	1041.3fghi	403.3ghijk	273.3 jk	572,3gh
	ECAPAN021	937.3fghij	397.3ghijk	264.7 jk	532.7 h
	CNF5520	867.7fghijk	256.7 k	266.3 jk	463 h
AFR708	694hijkl	434ghijk	301 jk	476,3 h	

	<i>CODMLB033</i>	694hijkl	590.7efghijk	322.3jk	535,3 h
	<i>ACC714</i>	693.7 hijkl	378.3hijk	141.3 k	404 h
	<i>MAHARAGI-S</i>	520.7ijkl	311.7jk	208 k	346,3 h
	Lsd	574.5	576.0	674.6	914.2
	CV %	29.5	49.3	44.1	59,0

1) Deux valeurs avec même lettre ne sont pas statistiquement différentes 2) CV(%)=Coefficient de variation 3) LSD= Plus petite différence significative 4) Kg/ha=Kilogramme par hectare

Le tableau 4 montre que l'analyse globale des résultats sur les moyennes générales des rendements montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variétés évaluées et les variétés *AFR708*(2046.5kg/ha), *Hm21-7*(1949.3kg/ha) et *RWR2245* (1861kg/ha) ont des rendements supérieurs dans les trois sites d'essai et lesdites variétés se retrouvent dans le site de la station MULUNGU où les conditions agro-écologiques sont favorables.

### 3.1.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS DE LA COMBINAISON DES RENDEMENTS MOYENS(KG/HA)ET MALADIES DES VARIETES (2012 A 2013) DANS LES TROIS SITES

A l'issue des rendements et de la réaction aux principales maladies, le tableau 5a permis de dégager les meilleures variétés durant les trois saisons et les trois sites d'évaluation.

**Tableau 5. Résultats de la combinaison des rendements moyens(kg/ha)et maladies des variétés pendant les trois saisons dans les trois sites**

Variétés	Résultats combinaison des rendements et maladies des variétés pour les saisons et les sites				
	Kg/ha	Taches anguleuses	Ascochytose	Anthracnose	Rouille
<i>RWR2245</i>	1156.3 a	3 abc	1.6 abc	1.2 b	1 b
<i>AFR708</i>	1121.9 a	2.6 c	1.5 abc	1.2 b	1 b
<i>Hm21-7</i>	1098.9 a	2.7 bc	1.3 bc	1.4 b	1.1 ab
<i>RWR2154</i>	1094.9 a	3.2 abc	1.4 bc	1 b	1 b
<i>CODMLB033</i>	1088.9 a	2.7 bc	1.4 bc	1.1 b	1.1 ab
<i>ZKA93-10m/95</i>	982.3 a	3.2 abc	1.1 c	1.2 b	1.1 ab
<i>UBR(92)25</i>	969.8 a	3.1 abc	1.2 bc	1.6 b	1.4 a
<i>ECAPAN021</i>	965.5 a	2.6 c	1.6 abc	1 b	1 b
<i>CNF5520</i>	963.4 a	2.5 c	1.5 abc	1.2 b	1.1 ab
<i>CODMLB001</i>	939.0 ab	3.7 ab	2.1 a	1.4 b	1.3 ab
<i>MAHARAGI-S</i>	539.5 bc	3.2 abc	1.8 ab	1 b	1.2 ab
<i>ACC714</i>	492.4 c	4 a	1.3 bc	2.4 a	1 b
Lsd	402.2	1	0.5	0.6	0.4
CV(%)	78.9	35.3	40.2	48.7	42

Au regard de ce tableau 5, il ressort que la quasi-totalité de variétés a des rendements supérieurs à 900kg/ha ; sauf les variétés *Maharagi soja* et *ACC714* qui ont des rendements inférieurs à 500kg/ha. Cette variété *ACC714* a également la côte supérieure (4) quant à sa réaction à la tache anguleuse. Elle est suivie de *CODMLB001*, mais dont la côte (3 et 7) n'a pas du tout influé sur son rendement. Les autres variétés se sont montrées très peu attaquées par la tache anguleuse (côte 2,5 et 3). Quant à la réaction vis-à-vis des autres maladies (Ascochytose, anthracnose et rouille), toutes les variétés ont démontré une résistance nette (côte 1-2)

Eu égard à ce qui précède, les rendements des variétés ne dépendent pas forcément de l'attaque par les maladies, plutôt des conditions édapho-climatiques de chaque site.

### 3.1.3 COMPARAISON DES RENDEMENTS DES VARIETES PAR SAISON ET PAR SITE

Tableau 6 .Comparaison rendements des variétés par saison et par site

Sites	Rendements des variétés/saison (kg/ha)			Moyennes générales
	2012B	2013A	2013B	
MULUNGU	2223.4 A	958.4 A	1626.5 A	1602.4 A
CEDERU	1036.1 B	420.8 B	293.2 C	583.1 B
PABU	330.7 C	772.5 A	897.4 B	666.8 B

De ce tableau 6, la comparaison des résultats des différents sites et des saisons montre que les meilleurs rendements (2223.4kg/ha) ont été obtenus durant la saison 2012B, dans le site de MULUNGU suivi de CEDERU et de PABU.

Pendant la saison culturale 2013AB, le meilleur rendement toujours dans le site de MULUNGU, suivi de PABU et de CEDERU.

Les résultats de moyennes générales des rendements prouvent que le site de MULUNGU est toujours supérieur aux sites de PABU et de CEDERU. Son rendement dépasse le double des rendements de ces deux sites. Cette différence peut être due aux conditions agro-écologiques favorables et au suivi régulier des essais, contrairement dans les autres sites.

## 4 DISCUSSION

Les variétés *AFR708* (2046.5kg/ha), *Hm21-7*(1949.3kg/ha) et *RWR2245* (1861kg/ha) ont des rendements supérieurs dans les trois sites d'essai et lesdites variétés se retrouvent dans le site de la station MULUNGU où les conditions agro-écologiques sont favorables. Toutefois, la seule variété qui paraît être plastique est la *RWR2245*, qui a des rendements plus ou moins stables dans les trois sites(1861kg/ha à MULUNGU, 745.7kg/ha à PABU et 861.3kg/ha à CEDERU). Toutes les variétés ont montré des rendements instables dans les différents sites durant les trois saisons. Cependant, parmi les variétés testées, il existe celles (de niche)qui peuvent être recommandées dans des sites spécifiques tels que CEDERU pour la variété *RWR2245*, PABU pour les variétés *CODMLB033*, *AFR708*, *CNF5520* et *RWR2154* ; et MULUNGU pour toutes les variétés, sauf *ACC714* qui n'a pas réalisé au moins 800 kg/ha malgré les conditions favorables des cultures dans ce site. Dans l'ensemble, le constat est que pendant les saisons 2012B et 2013B que les variétés se sont bien comportées dans certains sites. Ceci rejoint [19]qui a démontré que plusieurs variétés sélectionnées dans un pays déterminé se sont montrées également intéressantes dans d'autres pays de la région où les conditions environnementales sont semblables .

La quasi-totalité de variétés a des rendements supérieurs à 900kg/ha ; sauf les variétés *Maharagi soja* et *ACC714* qui ont des rendements inférieurs à 500kg/ha.Cette variété *ACC714* a également la côte supérieure(4) quant à sa réaction à des taches anguleuses.Elle est suivie de *CODMLB001*, mais dont la côte (3 et 7) n'a pas du tout influé sur son rendement. Les autres variétés se sont montrées très peu attaquées par la tache anguleuse (côte 2,5 et 3)car, selon [20], un micro environnement humide créé dans une culture trop dense ou associée au maïs favorise les épidémies. Le champignon est transmis par la semence, mais le sol et les débris infectés constituent la source principale de contamination. Quant à la réaction visà vis des autres maladies (Ascochytose, anthracnose et rouille), toutes les variétés ont démontré une résistance nette (côte 1-2) ce qui s'explique par le fait que ses variétés sont résistantes ou tolérantes, l'utilisation des semences saines et l'efficacité de cette résistance peut varier dans le temps et dans l'espace, en raison de la variabilité des races du champignon ([19],[20]).Ainsi, les rendements des variétés ne dépendent pas forcément de l'attaque par les maladies, plutôt des conditions édapho-climatiques de chaque site.

Les différents sites et les saisons ont été obtenus les meilleurs rendements (2223.4kg/ha) durant la saison culturale 2012B, d'abord le site de MULUNGU ensuite celui de CEDERU et de PABU. Au cours de la saison culturale 2013AB, le meilleur rendement est toujours du site de MULUNGU, ensuite celui de PABU et de CEDERU bref les moyennes générales des rendements prouvent que le site de MULUNGU a un rendement supérieur aux sites de PABU et de CEDERU. Son rendement dépasse le double des rendements de ces deux sites. Cette différence peut être due aux conditions agro-écologiques favorables et au suivi régulier des essais, car c'est un Centre de Recherche, contrairement dans les autres sites.

## 5 CONCLUSION

Les essais variétaux d'adaptation menés sur le haricot durant les saisons culturale 2012B, 2013A et 2013B dans les différentes zones agro-écologiques de l'Est de la RD. Congo ont permis d'identifier des variétés bien adaptées et

performantes du point de vue production et tolérance aux maladies et aux conditions marginales de culture parmi celles évaluées.

Ainsi, la variété *RWR2245* s'est avérée la plus stable de par ses rendements moyens qui n'ont pas eu de grandes fluctuations dans les trois sites durant les trois saisons culturales respectivement comme suit 1861kg/ha à MULUNGU, 745.7kg/ha à PABU et 861.3kg/ha à CEDERU, quand bien même le constat est que le rendement de Mulungu est le double de deux autres sites dont CEDERU et PABU.

Dix variétés à savoir *RWR2245*, *AFR708*, *Hm21-7*, *RWR2154*, *CODMLB033*, *ZKA93-10m/95*, *UBR(92)25*, *ECAPAN021*, *CNF5520* et *CODMLB001*, ont été prometteuses de leurs rendements (de 900 à plus 1000kg/ha) parmi les douze testées. Plusieurs de ces variétés sont déjà en grande diffusion dont *CODMLB001*, *RWR2245*, *RWR2154*, *ECAPAN021* et *CODMLB033*

Le fait de tester de nouvelles variétés potentielles dans différents environnements peut révéler une adaptation large ou spécifique des résultats obtenus par variété. La variété à adaptation large est celle qui a de bons résultats dans presque tous les environnements. La variété à adaptation spécifique est celle qui peut s'adapter à des milieux particuliers dans une région donnée. Le développement de variétés dotées d'une large adaptation et d'une bonne stabilité sur plusieurs saisons est une tâche importante mais complexe.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui de près ou de loin ont collaboré à la réalisation et à la publication de ce document et du travail effectué sur terrain.

Mes sincères remerciements vont tout d'abord à tous les chercheurs et techniciens de l'INERA-Mulungu et de CRSN-Lwiro qui ont beaucoup contribué à l'exécution et le suivi des essais ; ainsi que dans la rédaction du présent document

Je remercie également tous réseaux partenaires de l'INERA qui ont facilité l'installation et le suivi des essais exécutés dans les zones agro-écologiques du sud- et du Nord-kivu.

## REFERENCES

- [1] Abate T., Alene A., Bergvinson D., Shiferaw B., Silim S., Orr A. and Asfaw S. Tropical Grain Legumes in Africa and South Asia. Knowledge and Opportunities. ICRISAT, CIAT, IITA. Nairobi-Kenya, 2012.
- [2] Divisions Provinciales de l'Agriculture (DPA) du Sud et Nord-Kivu. Rapports annuels sur la production vivrière et animale. Bukavu/Sud-kivu, Goma/Nord-kivu, 2013.
- [3] Caburet et Lethève L., Les légumineuses à graines. In Memento. Ministères des Affaires étrangères. CIRAD, GRET. JOUVE, 75001 Paris, France, 2006.
- [4] PABRA (Pan-Africa Bean Research Alliance)/ CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Temps forts. Un meilleur accès des agriculteurs aux semences de variétés améliorées de haricot au Rwanda Kampala, Uganda, 2004.
- [5] Vanderborght T. et Baudoin J-P, La collection de base des espèces sauvages de *Phaseolus* et *Vigna* : historique, gestion et conservation. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Belgique, 1998
- [6] PABRA/CIAT. Des haricots de meilleure qualité pour l'Afrique. Kampala, Uganda, 2006.
- [7] CIAT/HarvestPlus. Le haricot riche en fer. Améliorer les cultures pour une meilleure alimentation. Note d'information. IFPRI, CIAT. Washington, DC 20006-1002. USA, 2009
- [8] Nyabyenda P. Point de la Recherche Multienvironnementale sur Haricot au Rwanda jusqu'en 1993. CIAT African. Série N° 17, 1993.
- [9] CIALCA. Document des Stratégies de Réduction de la Pauvreté (DSRP) Province du Sud Kivu. Ministère du Plan. Unité de Pilotage de Processus du DSRP Kinshasa, RD. Congo, 2010
- [10] CTA (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Stratégie communautaire de sécurité alimentaire et pays ACP. Séminaires sur la sécurité alimentaire. Bruxelles, 1998.
- [11] Mbikayi N., Mirindi C., Kijana R., Bakulikira R., Koleramungu C. Caractérisation des variétés de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.). Programme National Légumineuses, Centre de l'INERA-MULUNGU, RD CONGO, 2006.
- [12] Crabe M. et T'essare T. Paramètres moyens et extrêmes principaux du climat des stations du réseau INERA. 2<sup>e</sup> édition. Département de la Coopération Technique Belge, 1979.
- [13] Rapport des bureaux de climatologie de l'INERA-Mulungu, de CRSN/ Lwiro et de CEDERU/ Kibututu à l'Est de la RD Congo (2012-2013).

- [14] Rapport des laboratoires de l'INERA-Mulungu/RD. Congo et de Yaoundé/Cameroun (via IITA-Kalambo/Sud Kivu/Est RD. Congo), 2014.
- [15] Rutunga V. et Mutwewingabo G., Normes d'interprétation des résultats d'analyses du sol. Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (*ISAR-RUBONA*), 230 pp. 20,1987
- [16] Civava M.R, Malice M. et Baudoin JP. Amélioration des agrosystèmes intégrant le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) au Sud Kivu montagneux. Ed. Harmattan 2012, pp.69-92,2012.
- [17] CIAT (Centro International de Agricultura Tropical), Système standard pour l'évaluation du germoplasme du haricot. Aart van Schoonhoven et Marcial A. Pastor-Corrales (compilateurs). Traduit de l'anglais. Cali Colombie, pp.50, 1992.
- [18] Nyabyenda P. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique, les presses agronomiques de Gembloux, pp. 223, 2005.
- [19] Autrique A. et Perreaux D. Maladies et ravageurs des cultures de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale, pp.231, 1989.

## Renewable Egyptian lignocellulosic materials as alternative raw material for particleboard manufacturing

*Salem E. Zayed<sup>1</sup>, Abdel Baset A. Adam<sup>2</sup>, Entesar A. Hassan<sup>1</sup>, and Mohamed A. El-kady<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Chemistry dep., Faculty of Science, South Valley University, Qena, Egypt

<sup>2</sup>Nag Hamady Fiberboard Co., Quality manger & WBP consultant, Egypt

<sup>3</sup>MSc. Student, Chemistry dep., Faculty of Science, South Valley University, Qena, 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 purpose of this study is to evaluate the suitability of renewable Egyptian biomass for full-scale manufacturing process to produce particleboards of requested quality. The tested raw materials are based on *Sesbania aegyptiaca* plant (*Sesbania Sesban*), Banana pseudo-stem and grain Sorghum stalks. For evaluating these raw materials, the chemical properties of the selected materials and sugarcane bagasse (the conventional raw material in Egypt) were compared including holocellulose, Alfa-cellulose, lignin, ash contents, alcohol-benzene extractives, hot water extractives and solubility in dilute alkali (1% NaOH). In addition, the physical properties were determined including fiber length, diameter and cell wall thickness, scanning with SEM, estimate of  $\alpha$ -cellulose degree of polymerization (DP) and pH of lignocellulosic materials. Three layers particleboards were made from the selected materials and sugarcane bagasse using urea formaldehyde (UF) as a binder. The physical and mechanical properties of the manufactured panels such as density, thickness swelling (TS), modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), and internal bond (IB) were measured and compared with those panels which were manufactured from sugarcane bagasse. Both of physical and mechanical properties of panels which are manufactured from *Sesbania Sesban* and grain Sorghum stalks are closed to those from sugarcane bagasse and all of produced panels met the requirement of European standard (**EN 314-2010**): the Load bearing boards for use in dry conditions type (P4), but panels which are manufactured from Banana pseudo-stem do not meet the requirement of European standard.

**KEYWORDS:** Alphacellulose; Bending strength; Holocellulose; Klason Lignin; Modulus of elasticity Modulus of rupture; thickness swelling *Sesbania Sesban*, Banana pseudo-stem and grain Sorghum stalks.

### 1 INTRODUCTION

The shortage in natural wood resources due to the continuing & increasing demand for wood products because of population growth makes the international attention focuses on utilization of agro-residues or recycling of wood waste for manufacture of wood based panel. Nowadays, many researchers are highly interest in utilization of agro-residues materials, e.g. (El-Juhany, L. I. *et al.* 2003) [1], (Ye, X. Philip *et al.* 2007) [2], (Akgül, Mehmet *et al.* 2010) [3], (Halvarsson, Soren *et al.* 2010) [4] and (Amirou, Siham *et al.* 2013) [5].

Egypt as the most of African & Arab countries are very rich in agricultural residues and natural fibers, only few amounts of these residues are used for animal bedding or bio fuels and the rest are lifted on the fields lands or burned, i.e. the required quantities of these materials are available for wood based panel manufacturing. In addition, lignocellulosic residues are naturally abundant and renewable raw materials; they are suitable alternative raw materials for wood based panel industries because their manufacturing processes can be easily adapted to various types and forms of wood based panel.

Most of these natural fibers have excellent physical and chemical properties and can be utilized more effectively in the development of composite materials for wood based panel manufacturing production. Recycling these residues adds some money value for these wastes, saves our environment from pollution, shares in solving our shortage in natural wood resources, and introduces new jobs to the local market. Finally, from both the economical and environmental point of view, Using of lignocellulosic residues protects the environment, protects the virgin forests in some regions, adds a money value to this residues, and decrease the shortage of wood in other hand.

### 1.1 CHEMICAL COMPOSITION OF LIGNOCELLULOSIC MATERIALS

The lignocellulosic material is a woody material that consists of four major components: cellulose ( $\alpha$ - cellulose), hemicellulose, lignin, and traces of mineral components (ash). Not only the percentages of these components vary from species to species or part to part in the same wood species but also plant age, geographic location, climate and soil condition are factors which have some effect on wood composition.

## 2 MATERIAL AND METHOD

### 2.1 SAMPLES COLLECTION AND PREPARATION

This research has been carried out at Nag-Hamady Fiberboard Company (**NFB**) laboratories and research pilot plan. The tested raw materials were based on Sesbania Sesban plant (*Sesbania aegyptiaca*) (**SES**), Banana pseudo stems (**BPS**), grain Sorghum stalks (**GSS**) and sugarcane bagasse (**SCB**) the conventional raw material of wood based panel in Egypt, **SCB** were collected from bagasse depither located at **NFB**. All of these materials were collected from local areas in Qena governorate, South of Egypt. They were washed with tap water to remove all suspended particles, followed by open air-dried for three days. In order to prepare the samples for physical or chemical analysis: each type of them was cut into small strips, and then cut into small chips, to be placed in a laboratory electrical mill for grinding. The resulted materials were placed in a shaker with 500- $\mu\text{m}$  & 250- $\mu\text{m}$  sieves to pass through the 500- $\mu\text{m}$  sieve and are collected on the 250- $\mu\text{m}$  sieve, i.e. near to 40 mesh screen; finally, the sieved materials were placed and labeled with appropriate code for analysis.

### 2.2 METHODS

Moisture & ash Content were determined in accordance with **ASTM, D4442-92** [6] and **(D 1102-84)** [7] respectively. Extractives was Determined in two-step extraction process to remove water soluble and benzene-ethanol soluble materials according **(NREL, 2008)** [8] but it was founded that it was more useful to use mixture of benzene-ethanol 1:1 (V/V) instead of ethanol alone, as it was reported in **(T 204 cm-97)** [9]. Hot alkali solution extracts (NaOH 1% solubility), cold water solubility & acid-insoluble lignin (Klason lignin) were done according **TAPPI, (T 212 om-02)** [10], **(T 207 cm-08)** [11] & **(T 222 om-11)** [12] respectively. Holocellulose content &  $\alpha$ -Cellulose content were determined according method that descried by **(Han, J. S. and Rowell, J. S. 1997)** [13]. pentosan was determined according the procedure was describe by **(Jayme, G. and Sarten, P. 1940)** [14].  $\alpha$ -cellulose degree of polymerization (DP) was determined in Cadoxen soln; The method & Cadoxenn prepatation was done according to the procedure described by **Dupont, A-L (2003)** [15]. The pH of fibers was measured by a previous calibrated JENWAY 3505 pH meter with a glass electrode in accordance with **TAPPI (T 509 om-83)** [16]. Density of fibers was determined based on the oven dry weight according **TAPPI (T 258 om-02)** [17]. Observation with SEM was done by using (JEOL, Japan) Instrument, JEOL - JSM-5500 LV scanning electron microscope. The sample introduce to SEM observation as it is with no preparation and it also introduced as pretreated sample by **(Franklin 1945)** method [18]. Bending strength or modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity in bending test (MOE), internal bond (IB) and swelling in thickness test were performed according to **ASTM (D1037- 06a)** [19].

### 2.3 TECHNOLOGICAL PROCEDURES AND MANUFACTURING PROCESS

The selected woody materials were air dried in sun light for 48 hours, and then cut to 25 x 25 x 5 mm chips that suitable size for grinding in hammer mill. For particles classification a shaker with series of seven screens (12 mm, 8 mm, 3.15 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm and 0.4 mm respectively) was used, particles which were collected on 12 mm, 8 mm and 3.15 mm screens were re-grinded. The particles that were remained on 2 mm and 1 mm sieves were used in core layer while particles on 0.5 and 0.4 mm sieves were used for surface layer. The particles were then dried to a target 3% MC. Constant weight of both core and surface particles were weighted to get target density. The table 1 is showing all manufacturing parameters. Nine panels were manufactured from each type of woody material (**SES, BPS, GSS, and SCB**); these nine panels were classified into three groups (A, B and C), the only difference between them that the adhesive content %, in the surface layer

& core layer, which was 8 % in the surface layer & 6 % in core for group A, but the adhesive content % of group B was 10 % & 7 % respectively, finally it was 11 % & 8 % in group C respectively. After the particleboards were glued, they were pressed at specific pressure 35 kg/cm<sup>2</sup> by using laboratory press of NBF research plant. Lastly the manufactured panels were air-conditioned, they were cut into specimens according to the requirements of each test, and then the physical and mechanical properties were determined.

**Table 1: Particleboards manufacturing parameters**

GR	SL	CL	BW	BD	BT	SLR	CLR	Wax	Hard.	PT	PC
	%	%	Kg	Kg/m <sup>3</sup>	mm	%	%	%	%	°C	Sec
A	30	70	1.3057	680	12	8	6	0.5	1	177	144
B	30	70	1.3057	680	12	10	7	0.5	1	177	144
C	30	70	1.3057	680	12	11	8	0.5	1	177	144

*GR = group, SL = surface layer particles, CL = core layer particles, BW = board weight, BD = board density, BT = board thickness, SLR = surface layer resin, CLR = core layer resin, Hard = hardener, PC = press cycle and PT = press temperature.*

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Both of the chemical and physical characteristics of the chosen fibers were compared with those characteristics of **SCB**. The same thing was done for the produced panels; their physical and mechanical properties were compared with that panels produced from **SCB** fiber.

#### 3.1 THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TESTED MATERIALS

The chemical characteristics of **SES**, **BPS**, **GSS** and **SCB** fibers are listed in the table 2, percentages of the holocellulose content are ranged from (75.44%) to (57.53%), percentages of alpha cellulose content from (42.72%) to (35.22%), percentages of hemicellulose content from (32.72%) to (22.31%), percentages of lignin content from (18.22%) to (12.41%), percentages of pentosan content from (29.22%) to (14.92%), percentages of water extractives from (14.61%) to (3.97%), percentages of solvent extractives from (4.75%) to (1.45%), percentages of total Extractives from (19.36%) to (5.79%), the solubility of the fibers in hot alkali (1% NaOH solubility %) from (44.9%) to (22.81%), and lastly percentages of ash content from (14.41%) to (1.65%).

**Table 2: The chemical characteristics of the tested fibers**

Test/Material	SES	BPS	GSS	SCB
Holocellulose %	75.44	57.53	69.76	74.14
$\alpha$ -Cellulose %	42.72	35.22	40.67	42.58
Hemicellulose %	32.72	22.31	29.09	31.56
Lignin %	16.13	12.41	16.38	18.22
Pentosan %	15.7	14.92	26.13	29.22
Water extractives %	7.62	14.61	10.07	3.97
Solvent extractives %	1.45	4.75	1.73	1.82
Total extractives %	9.07	19.36	11.8	5.79
NaOH solubility %	28.71	22.81	44.9	34.5
Ash %	1.65	14.41	2.58	2.85

**N.B.** Hemicellulose content % & total extractives can be calculated as follow:

Hemicellulose % = (holocellulose %) – ( $\alpha$ -cellulose %) and the total extractives % = Water extractives % + Solvent extractives %

According the data in table 2, the chart in figure 1 expresses the percentages of the main components of lignocellulosic material ( $\alpha$ -cellulose, hemicellulose, pentosan and lignin), while holocellulose content can be arranged from the high to the low value as **SES**, **SCB**, **GSS** and **BPS** respectively, alpha cellulose content can be arranged from the high to the low value as **SES**, **SCB**, **GSS** and **BPS** respectively, pentosan content can be arranged from the high to the low value as **SCB**, **GSS**, **SES** and

**BPS** respectively and lignin content can be arranged from the high to the low value as **SCB**, **GSS**, **SES** and **BPS** respectively. The figure 2 shows the percentages of the fiber extractives including the water extractives, solvent extractives and the total extractives. The percentages of solvent extractives can be arranged from the high to the low value as **BPS**, **SCB**, **GSS** and **SES** respectively, but the percentages of total extractives & water extractives as **BPS**, **GSS**, **SES** and **SCB** respectively.

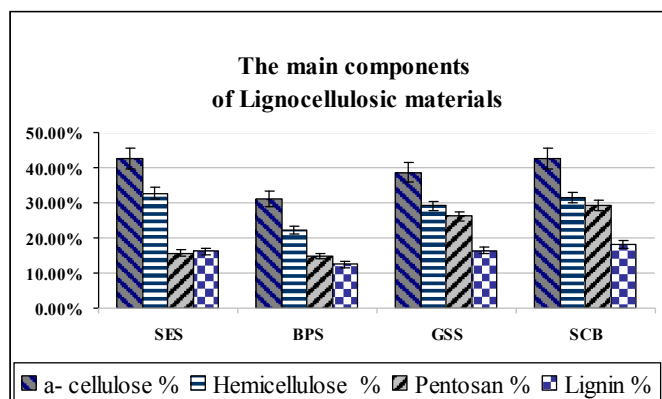


Figure 1: Percentages the main components of the fibers

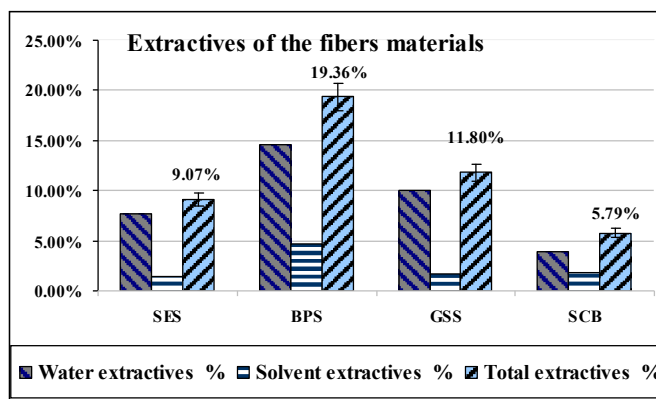


Figure 2: The percentage of the fibers extractives

### 3.2 THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE TESTED MATERIALS

The physical characteristics of **SES**, **BAP**, **SOS** and **SCB** fibers are listed in table 3 & table 4. The results in table 3 present percentages of cold water solubility which are ranged from (14.18%) to (3.4%), pH values from (7.35) to (5.95), densities values ( $\text{Kg/m}^3$ ) from (361.5) to (160) and degree of polymerization (DP) values from (1317.52) to (1099). The table 4 reports the fibers lengths ( $\mu\text{m}$ ) which are ranged from (1925) to (1533), the fibers width ( $\mu\text{m}$ ) from (31.38) to (14.4), the fibers lumen width ( $\mu\text{m}$ ) from (14.7) to (8.73) and the fibers cell wall ( $\mu\text{m}$ ) from (5.25) to (2.58).

Table 3: the physical characteristics of the tested fibers

Test/Material	SES	BPS	GSS	SCB
Cold water solubility %	7.16	14.18	9.59	3.4
pH	6.38	5.99	5.95	7.35
Density ( $\text{Kg/m}^3$ )	187.5	361.5	209.9	160
Degree of polymerization	1317.52	1014.3	1172.85	1099

Table 4: the fiber measurements

Test/Material	SES	BPS	GSS	SCB
Fiber length ( $\mu\text{m}$ )	1742	1925	1533	1564
Fiber width ( $\mu\text{m}$ )	19.18	31.38	14.4	18.17
Lumen width ( $\mu\text{m}$ )	8.73	14.7	9.64	10.21
Cell wall thickness ( $\mu\text{m}$ )	5.25	2.58	3.03	2.89

### 3.3 SEM OBSERVATION OF THE TEASED FIBERS

By using JEOL - JSM-5500 LV scanning electronic microscope, the following SEM microphotographs were taken to explain the surface features of teased fibers. The sample was scanned without any chemical treating and also it was pretreated with sodium hydroxide 1%, the best result is obtained when the sample was pretreated with sodium hydroxide 1% before observation.

The surface features of *Sesbania sesban* (**SES**) fibers were displayed in figure 3; SES-A (350 X) explains a cross section of wood vessel element; SES-B (550 X) explains a magnified view of some wood ray cells. The surface features of Banana pseudo stems (**BPS**) fibers were displayed in figure 4; BPS-A (500 X) explains a cross section of a wood fibril & the wood cells; BPS-B (3,500 X) explains a view of magnified cross-section of wood fiber contains the wood ray cells. The surface features of grain Sorghum stalks (**GSS**) fibers are displayed in figure 5; GSS-A (850 X) is showing a cross section of one fibril which is formed

from bundles of micro fibrils; GSS-3 (700 X) explains a longitudinal section of wood vessel element; GSS-B (2,300 X) explains a part of wood ray cells.

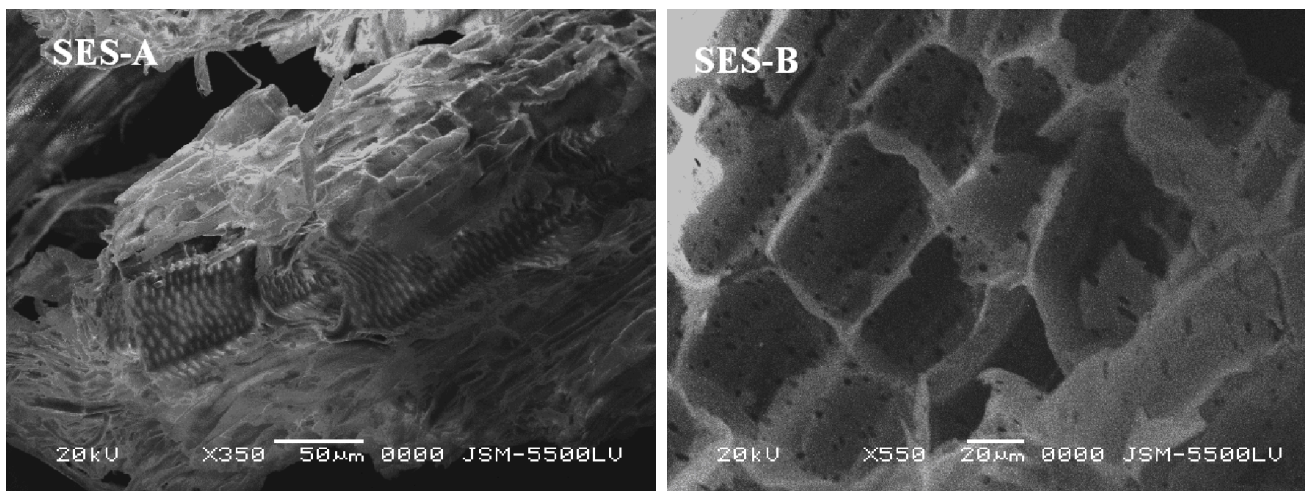


Figure 3: SEM of microphotograph of Sesbania Sesban fibers

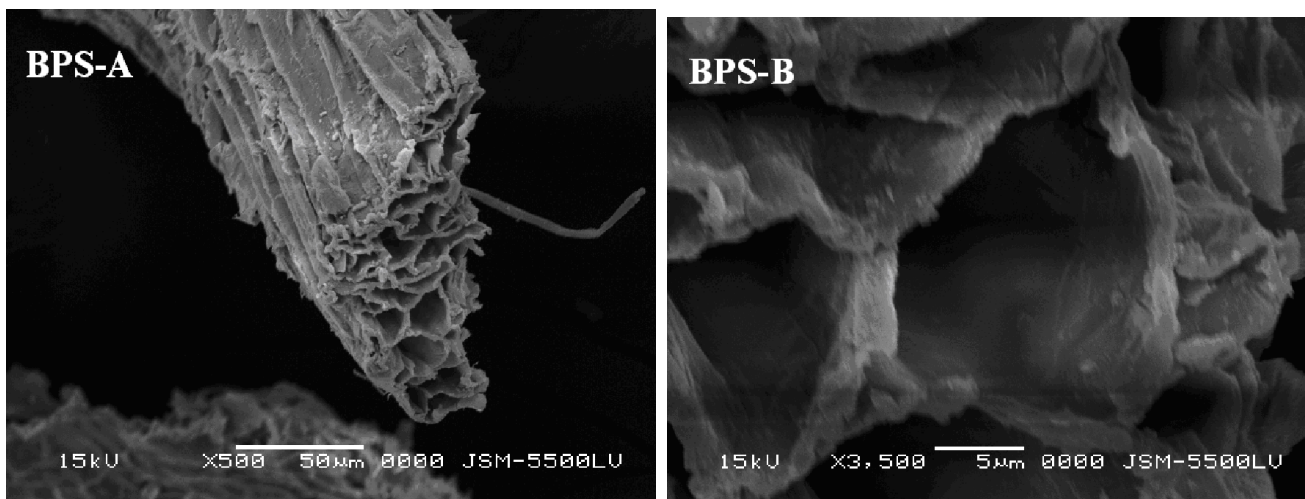


Figure 4: SEM of microphotograph of Banana pseudo stems fiber fibers

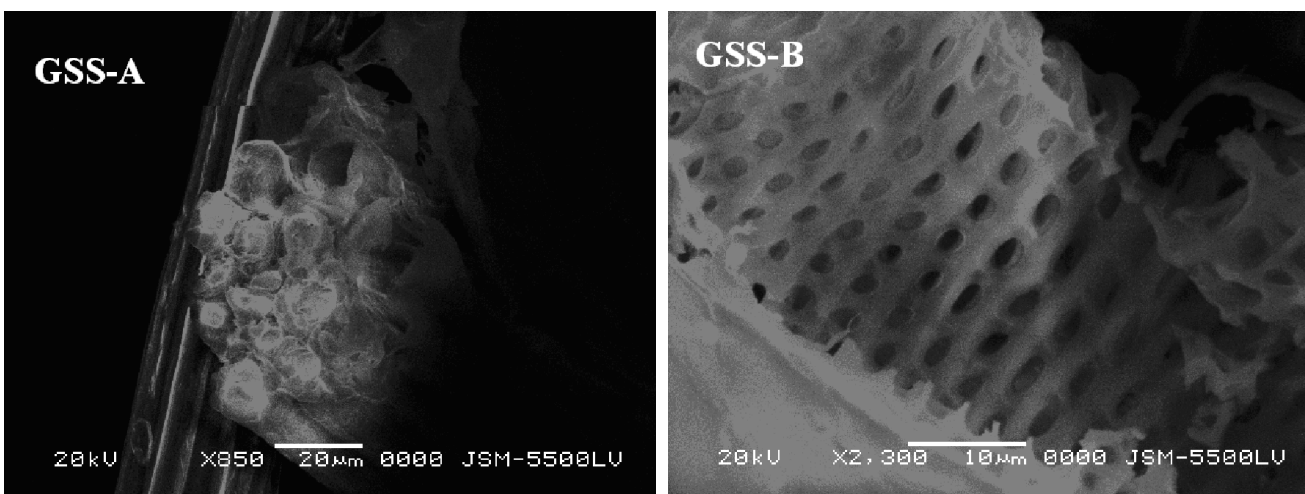


Figure 5: SEM of microphotograph of grain Sorghum stalks fibers

3.4 THE PHYSICAL & MECHANICAL PROPERTIES OF THE MANUFACTURED PANELS

The physical & mechanical properties of the manufactured panels are listed in table 5; they include panels densities, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), internal bond strength (IB) and thickness swelling after 24 h. The Standard at the end of the table 4 is referred to European Standard type P4 (EN 312-2010) [20].

Basing on the data in table 5, the mechanical properties of the manufactured panels are shown in figures 6, 7, 8 and 9. The figure 6 shows the modulus of rupture (MOR) values of the manufactured particleboard; the panels manufactured from **SES** fibers have the superior values followed by the panels manufactured from **GSS** and **SCB** fibers which they have very closed values, lastly the particleboard panels manufactured from **BPS** fibers which they have the lowest values. The same thing for MOE & IB values which they are shown in figure 7 & 8 respectively. The mechanical properties values of group C is the highest values in the three groups and the mechanical properties values of group B is higher than them in the group A; this means that the resin content has a positive effect on the mechanical properties of the manufactured panels. The figure 9 shows the percentage of the swelling properties of the panels thickness after 24 h. ( $W_s$  -24 h), it is an undesired property, i.e. panels have low value of ( $W_s$  %) is more preferable than those have higher values. The panels manufactured from **SES** fibers have the minimal values followed by the panels manufactured from **GSS** and **SCB** fibers which they have very closed values, lastly panels manufactured from **BPS** fibers which have the maximum values.

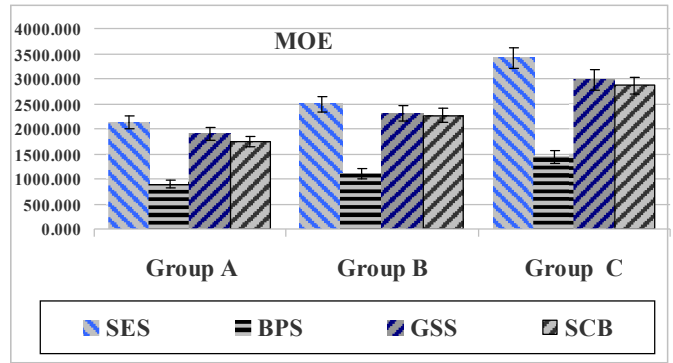
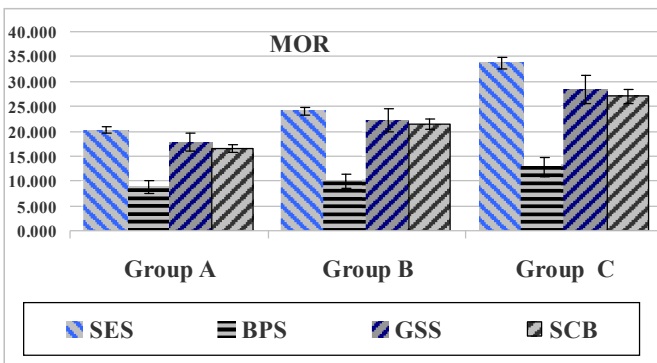


Figure 6: The modulus of elasticity (MOR) values of the panels

Figure 7: The modulus of rupture (MOE) values of the panels

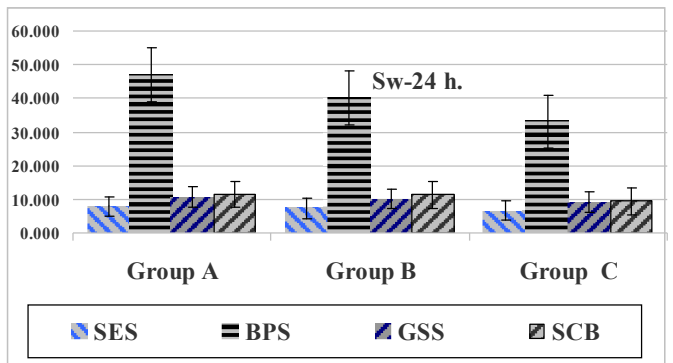
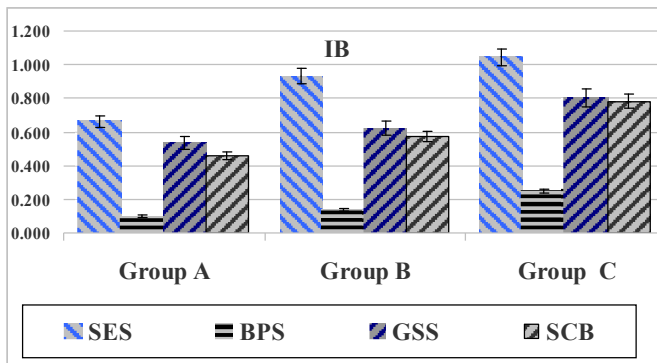


Figure 8: The internal bond strength (IB) values of the panels

Figure 9: Thickness swelling after 24 h (Sw-24%) of the panels

Table 5: The mechanical &amp; physical properties of tested panels

Sample Unit	Resin		Density	MOR	MOE	IB	Sw.24h
	%	%	Kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
SES group A group B group C	S.L	C.L					
	8	6	619.0	20.167	2117.33	0.66	7.84
	10	7	641.0	24.010	2490.67	0.93	7.25
	11	8.	655.0	33.723	3408.00	1.04	6.65
BPS group A group B group C	S.L	C.L					
	8	6	663.5	8.770	892.333	0.098	46.93
	10	7	665.2	10.000	1108.50	0.10	40.10
	11	8.	678.3	12.813	1431.00	0.25	33.06
GSS group A group B group C	S.L	C.L					
	8	6	655.8	17.783	1893.00	0.538	10.81
	10	7	664.0	22.180	2308.25	0.62	10.10
	11	8.	669.0	28.315	2972.50	0.80	9.18
SCB group A group B group C	S.L	C.L					
	8	6	619.3	16.450	1738.33	0.46	11.47
	10	7	625.0	21.340	2256.33	0.57	11.41
	11	8.	629.0	27.000	2865.00	0.78	9.43
Standard	-	-	-	16	2300	0.4	16

*S.L= surface layer, C.L= core layer, MOR = modulus of rupture, MOE = modulus of elasticity, IB = internal bond strength, Sw.24% = thickness swelling after 24 h N.B: the average boards thickness =12 mm.*  
**Standard = EN 314 (standard Type P4, with board thickness 6 - 13 mm).**

### 3.5 EFFECT OF THE COMPOSITE PROPERTIES ON THE PHYSICAL & MECHANICAL PROPERTIES OF THE MANUFACTURED PANELS

Choosing the suitable lignocellulosic raw material is one of the important challenges in The MDF technology. the composite material should be fulfilled the minimum technology requirements, i.e. it should have an acceptable level of cellulose, lignin and hemicellulose where lack of anyone of these main three Components leads to undesirable boards properties (Maloney T. M. 1989) [21] & (Youngquist, J. A. et al. 1969) [22].

Because of the performance of the produced fiberboards depend on the properties of its composite, study of the composite physicochemical properties as well as the geometric properties of its particles add to bonding strength between its particles are the key of success for expecting the properties of the produced panels. In the following lines, the effect of each property will be discussed alone to report its positive or negative effect, but the final evaluation of the selected fibers is based on the evaluation of the total properties of the produced panels.

#### 3.5.1 EFFECT OF HOLOCELLULOSE CONTENT

Holocellulose can be defined as the total polysaccharide fraction of the wood fibers or the lignocellulosic composite, it is made up of cellulose ( $\alpha$ -cellulose portion) and all of the hemicelluloses, it can be determined by removing the extractives and the lignin content from the wood material fibers or lignocellulosic composite. The cellulose portion is a large and well-organized polysaccharides polymer; it is located in the primary cell wall, while hemicelluloses are branched polysaccharides polymer that are less rigid than cellulose, it is made up of two monomers (pentose & hexose) and able to wrap around the cellulose (Resasco, Daniel E. 2011) [23].

One can guess that good mechanical properties of the manufactured panels is related to high holocelluloses content of their composite, but the previous statement is not always right where there are many other factors can affect the mechanical properties of the manufactured panels.

From the chemical properties data in table 2 and according to the fibers holocellulose content only, one can guess that Sesbania sesban fibers (76.44%), Sugarcane bagasse fibers (74.14%) and grain Sorghum stalks fibers (67.76%) have good suitability for manufacturing than Banana pseudo stem fibers (53.53%), i.e. they can be ordered from high to low value as SES, SCB, GSS and BPS; but table 5 indicates that the mechanical properties of the manufactured panels is arranged from

high to low value as the flowing order **SES**, **GSS**, **SCB** and **BPS**. The difference between the two orders is referred to the differences of hemicellulose content in these fibers, where hemicellulose is less rigid than  $\alpha$ -cellulose, i.e. high content of it decrease the mechanical strength properties of the manufactured panels and the data in table 2 indicates that hemicellulose content of **SCB** (31.56%) is higher than **GSS** (29.09%). All these results are in accordance with (**Sari, B. et al. 2012**) [24], where he reported that while high content of cellulose or  $\alpha$ -cellulose caused superior mechanical properties of the wood based panels, high hemicelluloses content decreased the mechanical properties and increased the thickness swelling.

### 3.5.2 EFFECT OF A-CELLULOSE CONTENT

According to the fibers  $\alpha$ -cellulose content in table 2 only, one can guess the mechanical properties of manufactured panels are ranged from high to low value as **SES** (42.72%), **SCB** (42.58%), **GSS** (38.67%) and **BPS** (31.22%) respectively, but the mechanical properties of the manufactured panels in table 5 is ranged from high to low values as the flowing order **SES**, **GSS**, **SCB** and **BPS**, As in 3.5.1 (Effect of holocellulose content) the difference between the two orders is referred to the differences of hemicellulose content in these fibers, similar results is noted by (**Harmsen, P. F. H. et al. 2010**) [25] he reported that cellulose is the major component of cell wall that provides plants the required mechanical strength and chemical stability also (**Mohan, Dinesh et al. 2006**) [26] reported that wood strength is related to the presence of cellulose in the plant fibers.

### 3.5.3 EFFECT OF HEMICELLULOSE CONTENT

Depending on the hemicellulose &  $\alpha$ -cellulose content of the fibers in table 2, one can decide that both of **SES**, **SCB** and **GSS** have good manufacturing profiles but **BPS** fibers have not, where the first group (**SES**, **SCB** and **GSS**) have high content of  $\alpha$ -cellulose & suitable content of hemicellulose, but **BPS** has mild  $\alpha$ -cellulose content add to low hemicellulose content, lastly the data in table 5 shows that both of **SES**, **SCB** and **GSS** have good mechanical properties than **BPS** does, where one disadvantage of hemicellulose that it is less rigid and has low molecular weight than  $\alpha$ -cellulose, i.e. if the composite has high content of hemicellulose and low content of  $\alpha$ -cellulose, the manufactured panels will not have good mechanical properties.

Another of hemicellulose disadvantages that it is rich in hydroxyl groups, where hemicellulose is the most sensitive component to hydrolysis (**Halvarsson et al. 2010**) [4], basing on data in table 5 we can observed that high content of it lead to decrease the water resistance properties of the manufactured panels, where SW-24% can be arranged from low to high value as **SES**, **GSS**, **SCB** and **BPS**.

High content of hemicellulose is not preferable in the composite materials but presence of hemicellulose in suitable amount plays an important role in the lignocellulosic materials; it acts as interfacial coupling agents between the highly polar surface of the cellulose and the less polar lignin matrix (**Li, Yongfeng 2011**) [27], thus **SES**, **SCB** and **GSS** have good IB than **BPS**.

### 3.5.4 EFFECT OF LIGNIN CONTENT

Not only lignin is the main binder for the cellulosic fibrous components, but also it is providing a shield against the bacterial or fungal destruction of the cellulosic fibers ((**Mohan, Dinesh et al. 2006**) [26]. Presence of a sufficient content of lignin in the lignocellulosic fiber can serve as a binder material, under heat and pressure the lignin will flow and act as a thermosetting adhesive, enhancing the naturally occurring hydrogen bonds (**English, Brent et al. 1997**) [27]. Lignin is a complex phenolic polymer with medium molecular weight, it provides stiffness properties to the cell wall and also it serves as a binder material to bond the individual cells together in the middle lamella region (**Li, Yongfeng 2011**)[28].

Basing on the fibers lignin content in table 2, we can introduce another explanation for why does **BPS** has less mechanical properties than **SCB** & **GSS**. The stiffness properties and self bonding between than **SES** & **GSS** fibers are higher than **BPS** due to they have higher lignin content than **BPS**.

### 3.5.5 EFFECT OF EXTRACTIVES CONTENT

Basing on total extractives % and hot water extractives % data which is listed on table 2, one can noted that abundance of total extractives has a negative effect on mechanical properties of the manufacturing panels, where **SES**, **GSS** and **SCB** have superior mechanical properties than **BPS**. Also presence of high contents of 1 % NaOH extractives in composite decreases the mechanical properties of the manufacturing panels.

In the same time presence of extractives like wax and liphophilic extractives increase the waterproof of manufactured particleboards i.e. they improvement the resistance to water and humidity. One can introduce an explanation for why does

**GSS** has some better swelling properties than **SCB**, low values of water absorption & thickness swelling of panels which manufactured from **GSS** is better than those from **SCB** due to **GSS** fibers have higher total extractives % and hot water extractives % than **BPS** fibers do and this is in accordance with (Sari, B. *et al.* 2012) [24].

### 3.5.6 EFFECT OF UF CONTENT

The data in table 3.5 improves that with increasing of adhesive content (from group A to group C); high values of MOR, MOE, and IB were obtained but low values of water absorption & thickness swelling and this is accordance with many recharges. These results is accordance with many researchers, where (Ye, X. Philip *et al.* 2007) [2] reported that boards properties improved with increasing adhesive levels. Both of (Saad *et al.* 2012) [29] & (Labosky *et al.* 1993) [30] reported that with increasing of resin content, high values of MOR, MOE and IB but low values of water absorption & thickness swelling. These decreasing in water absorption with increasing of resin content, may be due to effect of hydrogen bonds between the resin and hydroxyl group of the fiber which leading to reduce the hygroscopicity of the boards (Nayeri, M. Dehghan *et al.* 2014) [31], hygroscopy is defined as the ability of the substance to attract and hold water molecules from the surrounding environment by adsorption or absorption leading to changes in physical properties of the absorbed and or adsorbed substance.

## 3.6 THE FINAL EVALUATION OF THE SELECTED FIBERS

### 3.6.1 SESBANIA SESBAN, AND GRAIN SORGHUM STALKS FIBERS

Both of **SES** and **GSS** are lignocellulosic materials that contain high content of holocellulose equal to (75.44%) & (67.76%) respectively and high content of  $\alpha$ -cellulose equal to (42.72%) & (38.67%) respectively, similar to those found in **SCB**, these high contents of holocellulose &  $\alpha$ -cellulose act as fiber-reinforced materials in the composite and that interprets the suitable mechanical properties of the panels which are made from their composite.

Both of **SES** and **GSS** fibers have suitable lignin content equal to (16.13%) & (16.38%) respectively; this lignin content just makes them rigid material with higher strength suitable for particleboards manufacturing add to that lignin has a binder properties which facilitates the particles binding.

Both of **SES** and **GSS** fibers have a suitable hemicellulose equal to (32.72%) & (29.09%) respectively and pentosan content equal to (15.7%) & (26.13%) respectively, which explain the good bending strength & flexibility properties of the panels without undesirable proprieties.

Finally panels which is made from **SES** and **GSS** composites have good mechanical proprieties, these high values of MOR, MOE, IB and high water resistance properties are exceeded the requirements of European Standard (EN 312-2010) [20].

### 3.6.2 BANANA PSEUDO STEM FIBERS

**BPS** fiber is lignocellulosic materials that contain mild content of holocellulose (53.56%), add to it has a mild content of  $\alpha$ -cellulose (31.25%), these low contents of holocellulose &  $\alpha$ -cellulose decrease the strength & the mechanical properties of the panels which are made from this composite.

Although **BPS** doesn't comply with the requirements of European Standard (EN 312-2010) [20], they can be used as co-material in the composite to form the core layer of the particleboards or they are used for interior purposes.

## 3.7 CONCLUSIONS

In the end and based on the results of this study, it can be concluded that Egyptian lignocellulosic materials which they are residues accumulate in suitable amounts all over Egypt can be a potential materials for particleboards manufacturing. Using both of Sesbania sesban fibers and grain Sorghum stalks fibers for particleboards manufacturing are good solution to face the raw materials shortage in wood based panels industry. The mechanical evaluations of panels that adjusted to 12 mm of the thickness and glued with urea formaldehyde resin indicate that these particleboards are complied with the requirements of European Standard type P4 (EN 312-2010) [20]; where the results indicated that all the manufactured panels have good physical & mechanical profiles. Finley using these renewable lignocellulosic raw materials for particleboards manufacturing not only it contributes to reduce the shortage of raw materials but also it solves the environmental problems which are resulted from burning these residues.

Banana pseudo stem is lignocellulosic material that contains mild content of holocellulose &  $\alpha$ -cellulose, these low contents decrease the mechanical strength properties of the panels which are made from its composite. Although Banana pseudo stem fibers don't comply with the requirements of European Standard, they can be used as co-material in the composite to form the core layer of the particleboards or they are used for interior purposes.

#### ACKNOWLEDGMENT

My sincere thanks to **Mr. Eng. M. Kh. Soliman** NFB board chairman and all the members of NFB for their assistance all over the research stages, from collection sample stage until manufacturing processes and producing wood based panel with acceptable quality.

#### REFERENCES

- [1] El-Juhany, L. I.; Aref, I. M. and El- Wakeel, A. O. The potential of manufacturing particleboards from lignocellulosic residues of agricultural and woody industry in Saudi Arabia. *Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University* 54 (4): 599-615, (2003).
- [2] Ye, X. Philip; Julson, James; Kuo, Monlin; Al Womac ; Myers, Deland. Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass. *Bioresource Technology* 98:1077–1084, (2007).
- [3] Akgül, Mehmet; Güler, Cengiz and Üne, Birol. Opportunities in utilization of agricultural residues in bio-composite production: Corn stalk (*Zea mays indurata* Sturt) and oak wood (*Quercus Robur L.*) fiber in medium density fiberboard. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9 (32), pp. 5090-5098, (2010).
- [4] Halvarsson, Soren; Edlund, Hakan and Norgren, Magnus. Fiberboard from wheat straw. *BioResources Technology* 5(2):1215-1231, (2010).
- [5] Amirou, Siham; Zerizer, Abdelatif; Pizzi, Antonio; Haddadou, Imane and Zhou, Xiaojian. Particleboards production from date palm biomass. *Eur. J. Wood Prod.* 71:717–723, (2013).
- [6] ASTM D4442-92. Standard test method for direct moisture content measurement of wood and wood-based materials. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA., (Reapproved 2003). Available at: [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [7] ASTM D1102-84. Standard test method for ash content in wood and wood-based materials. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, (Reapproved 2007). Available at: [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [8] NREL, Technical Report NREL/TP-510-42619: Determination of Extractives in Biomass. National Renewable Energy Laboratory, USA, (2008). Website: <http://www.nrel.gov>
- [9] T 204 cm-97. Solvent extractives of wood and pulp. Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (1997). Available at: <http://www.tappi.org>
- [10] T 212 cm-02. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (2002). Available at: <http://www.tappi.org>
- [11] T 207 cm-08. Water solubility of wood and pulp paper extracts. Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (2008). Available at: <http://www.tappi.org>
- [12] T 222 om-11. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (2002). Available at: <http://www.tappi.org>
- [13] Han, J. S. and Rowell, J. S. Chemical composition of fibers, Chapter 5. In: *Paper and composites from agro-based resources*; (Eds. R. M. Rowell, R. A. Young, J.K. Rowell). CRC Press, New York. pp 83-134, (1997).
- [14] Jayme, Georg and Sarten, Paula. Über die quantitative bestimmung von pentosen mittels bromwasserstoffsäure. *Naturwissenschaften* 28(52):822-823, (1940).
- [15] Dupont, A-L. Gelatine sizing of paper and its impact on the degradation of cellulose during aging: Viscometry method for the analysis of dilute solutions of cellulose in Cadoxen. PhD Thesis. University of Amsterdam. Amsterdam. pp. 215-218, (2003). Available at: <http://dare.uva.nl/document/68918>
- [16] T 509 om-83. Cold extraction method for hydrogen ion concentration (pH). Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (1983). Available at: <http://www.tappi.org>
- [17] T 258 om-02. Basic density and moisture content of pulpwood. Technical Association of Pulp and Paper Industry, USA, (2002). Available at: <http://www.tappi.org>
- [18] Franklin, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites and a new macerating method for wood. *Nature*, 155: 51-59. (1945).
- [19] ASTM D1037-06a. Evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, (2006). Available at: [www.astm.org](http://www.astm.org)

- [20] European standard (EN 312-2010). Particleboards specifications, EN 312:2010 (E), Requirements for load-bearing boards for use in dry conditions (Type P4).
- [21] Maloney, T. M. *Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard Manufacturing*, Miller Freeman Publications, San Francisco, CA, pp. 155- 170, (1989).
- [22] Youngquist, J. A.; Krzysik, A. M., Brent W. English, B.; Spelter, H. N.; and Chow, P. The use of recycled wood and paper in building applications Home Builders Research Center, the American Forest & Paper Association, the center for Resourceful Building Technology, and Environmental Building News. Proc. 7286. Madison, WI: Forest Products Society: pp. 123-134, (1969)
- [23] Resasco, Daniel E.; Sitthisa, Surapas; Faria, Jimmy; Prasomsri, Teerawit and Ruiz, M. Pilar. Furfurals as chemical platform for biofuels production, in: *Heterogeneous Catalysis in Biomass to Chemicals and Fuels*. Eds: Kubicka, David and Kubickova, Iva. Research Signpost, ISBN 978-81-308-0462-0, India. pp. 155-188, (2011). Available at: [www.reassign.com](http://www.reassign.com)
- [24] Sari, B.; Ayrilmis, N.; Nemli, G.; Baharoglu, M.; Gumuşkaya, E.; Bardak, S. Effects of chemical composition of wood and resin type on properties of particleboard. *Lignocellulose* 1 (3), 174-184, (2012).
- [25] Harmsen, P. F. H.; Huijgen, W. J. J.; López, L. M. Bermúdez and Bakker, R. R. C. Literature review of physical and Chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass. ECN-E-10-013. (2010).
- [26] Mohan, Dinesh; C. U. Pittman, Jr. and Steele, Philip H. *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review*. *Energy & Fuels*, 20: 848-889, (2006).
- [27] English, Brent; Chow, Poo and Bajwa, Dilpreet Singh. *Processing into Composites*, In: *Paper and composites from agro-based resources*; (Eds. R. M. Rowell, R. A. Young and J. K. Rowell). CRC Press, New York. pp. 270-297, (1997).
- [28] Li, Yongfeng. *Wood-polymer composites in: Advances in composite materials analysis of natural and man-made materials*. Eds.: Dr. Pavla Tesinova, InTech, DOI: 10.5772/17579. (2011)  
Available at: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-composite-materials-analysis-of-natural-and-man-made-materials/wood-polymer-composites>.
- [29] Saad, M. J. and Kamal, I. Mechanical and physical properties of low density kenaf core particleboards bonded with different resins. *Journal of Science and Technology*, 4 (1): 17-32, (2012).
- [30] Labosky, P.; Yobp, R. D.; Janowiak J. J.; and Blankenhorn, P. R. Effect of Stem pressure refining and resin levels on the properties of UF-bonded red maple MDF. *Forest Products Journal*, 43 (11-12): 82-88, (1993).
- [31] Nayeri, M. Dehghan; Tahir, P. Md; Jawaid, M.; Ashaari, Z; Abdullah, L. Chuah; Bakar E. Suhaimi and Namvar, F. Medium Density Fibreboard made from Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Stem: Effect of thermo-mechanical refining and resin content. *BioResources* 9 (2): 2372-2381, (2014).

## CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES ET ECONOMIQUES DU GROUPEMENT DE LUDUHA EN COLLECTIVITE – CHEFFERIE DE LUHWINDJA EN 2014

*Richard BIRINDWA CUBWE*

Département de Géographie, Section des Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Walungu, 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 work pretends to produce a pioneering work for future researchers who will be interested in the Luduha community so far as no scientific work has ever been realized in that area where as it is an attic agropastora of the community of Luhwindja.

The population of Luduha community has almost doubled within fifteen years passing from 4435 in 1999 to 8550 people in 2014 or a density of 328, 8 persons/ km<sup>2</sup> average, with a birthrate of 37,4 percent but the deathrate decreases with 10,5 percent, thus a high natural demography. It is a young population where in less than twenty years old represents 66, 7 percent with a high illiteracy rate. Among them 69 household chiefs who neglect studies.

The spectacular growth of the population obliges villagers to practice fields associations because the cultivable surfaces are considerably reduced and pastures have decreased in the North, besides the community remains the agropastoral attic of the whole population.

The community has a silver potentiality where the exploitation is entirely homemade with many consequences on the people's life such as youthful delinquency, rural depopulation and negligency of works. The trade ex-changes which are most frequent in Luduha are farmwork with manufactoral imported products from neighbours.

**KEYWORDS:** characteristics, Demographics, Economics.

**RÉSUMÉ:** Le présent travail se propose de produire un travail pionnier pour les chercheurs futurs qui pourront s'intéresser au groupement de Luduha car il n'existe pas de travaux scientifiques déjà réalisés sur ce milieu pourtant un grenier agropastoral de la Collectivité-chefferie de Luhwindja.

La population du groupement de Luduha a presque doublé dans moins de quinze ans ayant passé de 4435 en 1999 à 8550 habitants en 2014, soit une densité moyenne de 328,8hab/Km<sup>2</sup> avec un taux de natalité élevé de 37,4%, mais le taux de mortalité est déclinant avec de 10,5%, d'où un accroissement naturel élevé. C'est une population jeune où les moins de 20 ans représentent 66,7% avec un taux d'analphabétisme élevé dont 69% des chefs des ménages sont analphabètes les études étant négligées dans ce groupement.

La croissance spectaculaire de la population oblige le paysan de pratiquer l'association des cultures, car les surfaces cultivables se sont considérablement réduites et les pâturages ont régressé au Nord et malgré cette réduction, le groupement reste le grenier agropastoral de toute la Chefferie. Le groupement a un potentiel aurifère dont l'exploitation est entièrement artisanale avec tant de conséquences sur la vie comme la délinquance juvénile, l'exode rural et la négligence d'autres travaux. Les échanges commerciaux les plus fréquents à Luduha sont ceux des produits agricoles du groupement avec les produits manufacturés importés de ses voisins.

**MOTS-CLEFS:** Caractéristiques, démographiques, économiques.

## **1 INTRODUCTION**

Le groupement de Luduha est localisé au Nord de la Collectivité-chefferie de Luhwindja en territoire de Mwenga dans la province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Sa superficie est évaluée à 26Km<sup>2</sup>, soit 1/7<sup>e</sup> de la superficie totale de la chefferie de Luhwindja (183Km<sup>2</sup>) ; c'est le plus vaste des neufs groupements de Luhwindja après celui de Luciga (60km<sup>2</sup>). Il est situé entre 28°28'44" et 28°30'20" de longitude Est et entre 2°49'43" et 2°50'32" de Latitude Sud.

Le groupement de Luduha est limité au Nord par la Collectivité-chefferie de Ngweshe (territoire de Walungu), à l'Est par le groupement d'Idudwe (Luhwindja), au Sud par le groupement de Cibanda (Luhwindja) et la Collectivité-chefferie de Burhinyi (territoire de Mwenga) et à l'Ouest par les Collectivité-chefferies de Ngweshe et de Burhinyi.

Depuis le Sud du groupement, un surelévement brusque de relief s'observe pour former des plateaux ondulés à terres fertiles d'origine volcanique séparées des vallées en auge au centre du groupement soit d'Ouest en Est les plateaux de Lusirwe, Kazimbolero, Mulangana, Byazi, Mudeka et Namuliba. Une chaîne montagneuse à pentes abruptes se dresse au Nord du groupement (Ilunga L., 1991) où s'observe d'Ouest en Est les montagnes de Milangiro, Coyo, Mulunga Mushumbirizi, Migohwa et Nulunkulumbi. Le point le plus bas du groupement de Luduha est à 1700 mètres d'altitude et le plus élevé au sommet du mont Nalunkulumbi est à 2800mètres d'altitude. Ce relief se présente sous forme des gradins qui vont de la terre arable (dans les plateaux du centre), aux fortes pentes (montagnes) au Nord impropres à l'agriculture. Ces plateaux sont souvent séparés par des cours d'eau qui prennent leurs sources aux pieds des montagnes et Luduha est l'un des groupements les mieux arrosés de la Collectivité-chefferie de Luhwindja et toute vallée petite soit-elle, a une source d'eau. Le groupement est traversé de l'Ouest en Est des rivières ci-dessous caractérisées par des chutes et des rapides qui dévalent les hauteurs des montagnes vers le Sud du groupement dans la rivière Kadubo qui devient un grand affluent du fleuve Congo après avoir recueilli tous les cours d'eau des territoires de Walungu et de Shabunda et le rejoint à Kindu : Nakaroba, Nshalalo, Bujangwa, Mahini, Mashodoko, Ntemu et Cangulube.

Ce groupement jouit d'un climat tempéré par l'altitude avec un total annuel des précipitations de 1553 mm et une température moyenne annuelle de 19,2°C en 2011 (Birindwa C. et al. 2015).

A Luduha, les vallées ont des sols sédimentaires arrachés sur les versants par les eaux ruisselantes et cours d'eau, les sols argileux et humifères dans les plateaux du centre car la baisse des températures avec l'altitude ralentit le degré de minéralisation des matières organiques (Tricart, 1974) et les blocs rocheux affleurent à beaucoup d'endroit dans les montagnes du Nord.

L'inexistence des travaux scientifiques déjà réalisés sur le présent groupement est un problème tant social, économique que de développement pourtant « on s'inquiète beaucoup depuis quelques années de l'expansion démographique mondiale qui, en comparaison des disponibilités alimentaires, semble nettement trop élevées. Jusqu'à maintenant les hommes ont toujours tiré leur nourriture de la terre et les hectares cultivables encore libres se raréfient d'année en année » (Euverte, 1967).

Cette thématique cherche en premier lieu à produire un travail pionnier pour les chercheurs futurs qui pourront s'intéresser à ce milieu. Ce travail a alors un aspect descriptif.

## **2 METHODOLOGIE**

Pour réaliser le présent travail, il a fallu le recours à deux aspects méthodologiques entre autre :

### **2.1 TERRAIN**

Cet aspect a été une occasion pour approfondir davantage les connaissances et réalités sur le groupement de Luduha dans son ensemble. Cela a été aussi le temps de consulter les archives du groupement de Luduha au secrétariat administratif de la Collectivité-chefferie de Luhwindja et d'administrer les questionnaires d'enquête comme il est décrit au deuxième aspect méthodologique.

### **2.2 ENQUÊTES**

Par les descentes sur terrain du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015, les questionnaires élaborés ont été administrés de la manière suivante :

- **Un questionnaire relatif à l'éducation** : Une fiche d'enquête a été élaborée dans le but de savoir la place de l'enseignement dans la communauté de Luduha et les difficultés relatives à l'éducation scolaire. Il a été adressé à toutes les écoles (une enquête exhaustive) le groupement ayant moins d'écoles.
- **Un questionnaire relatif à la population et à l'économie agro-pastorale** : A ce stade, les techniques d'échantillonnages ont été appliquées. Un échantillon aléatoire a été constitué au dixième (10% des chefs des ménages) du groupement. La Chefferie dispose une liste nominative des chefs des ménages sur la quelle nous nous sommes référé pour le choix de l'échantillon où les ménages à enquêter ont été triés du numéro 1, 10, 20, 30,... jusqu'à totaliser 133 ménages qui constituent les 10% de tous les ménages du groupement (tableau 1) répartis par localités étant des subdivisions du groupement en République Démocratique du Congo. Cette façon de faire a donné la chance égale à tous les ménages d'être sélectionnés.

**Tableau 1 : Effectifs de ménages et nombre de ménages enquêtés**

N°	Localités	Effectifs de ménages	de	Nombre de chefs de ménages enquêtés	Pourcentage des Chefs de ménages enquêtés
1	BYAZI	209		21	10
2	CONGA	496		49	10
3	KABINGU I	302		30	10
4	KABINGU II	141		14	10
5	MUJINDI	185		19	10
K	LUDUHA	1333		133	10

Source : registre de l'Etat civil de la Chefferie de Luhwindja.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES

##### 3.1.1 EFFECTIF ET ÉVOLUTION DE LA POPULATION

Après nos enquêtes, les 133 ménages enquêtés donnent un effectif de 855 personnes.

Ce qui veut dire que la population de Luduha serait de 8550 habitants (tableau 2), malheureusement l'Etat civil n'a enregistré que 7459 habitants à Luduha. Ce qui donnerait une différence de 1097 habitants.

**Tableau 2 : Effectifs de la population de Luduha à la fin de l'an 2014 et Accroissement de la population**

Hommes	Femmes	Garçons	Filles	Total
1240	1300	2890	3120	8550
<b>Accroissement</b>				
<b>Années</b>	1999	2004	2009	2014
<b>Effectifs</b>	4435	5600	6989	8550
<b>Accroissement</b>	-	1165	1378	1561
<b>Taux d'accrois</b>	-	20,8%	19,7%	18,3%

Source : Nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015

Les femmes sont nombreuses que les hommes ; elles les dépassent 60 personnes. Les filles sont également loin très nombreuses que les garçons et les dépassent 230 personnes. En somme la sex-ratio est en faveur des femmes 290 personnes de plus par rapport aux hommes. Considérant les Le taux d'accroissement moyen de la population de Luduha tous les cinq ans, il est de 19,6% et la population a presque doublé dans 15 ans ayant passé de 4435 en 1999 à 8550 à la fin de l'an 2014. Cette explosion démographique s'explique par deux phénomènes:

- D'une part, un taux de mortalité déclinant résultant du progrès de la médecine car avant 1995 la Chefferie n'avait aucun hôpital et vers l'an 2000, Luduha a eu un don d'un Centre de Santé groupement où les habitants étaient soignés par les médicaments traditionnels, et le taux de natalité reste élevé l'enfant étant considéré comme une richesse, une protection et un investissement pour ses parents afin de passer une bonne vieillesse;
- D'autre part, les mariages précoces : A Luduha les couples âgés de moins de 20 ans ne sont pas exceptionnels.

### 3.1.2 RÉPARTITION SPATIALE DE LA POPULATION

Luduha est l'un des groupements les plus peuplés de Luhwindja avec une densité moyenne de 328,8hab/Km<sup>2</sup>. Rappelons que la Chefferie de Luhwindja dans son ensemble a une superficie de 183Km<sup>2</sup>, contre une population de 53620 habitants (rapport annuel de la Chefferie à la fin de l'an 2014), soit une densité de 293hab/Km<sup>2</sup>. Toute cette population est en grande concentrée dans les groupements accessibles au moyen de la route. La présence d'une population élevée à Luduha s'explique par des raisons économiques quoique inaccessible par route car Luduha est le grenier agricole de la Chefferie.

Cette densité de 328,8hab/Km<sup>2</sup> n'est qu'une moyenne arithmétique et il existe des parties presque vides d'hommes dans le groupement, notamment dans les montagnes impropres à l'agriculture et quelques vallées réservées à l'agriculture. Presque toute la population est concentrée dans les plateaux à terre fertile. Une ligne de limitation de la population va du Nord de Lusirwe jusqu'à Mudeka en passant par Byazi pour laisser une partie relativement inhabitée au Nord (montagnes à fortes pentes et impropres à l'agriculture) réservée au pâturage des bétails. La vallée de la Kadubo au Sud est le domaine de l'agriculture.

### 3.1.3 MOUVEMENTS NATURELS DE LA POPULATION

#### a) natalité

Le taux brut de natalité (TBN) est le rapport entre le nombre de naissances vivantes par 1000 habitants enregistrés en un an sur l'effectif total de la population au 31 décembre (Buhagarha et al. 2003).

Chaque année dans le monde, les naissances dépassent les décès de soixante quinze (75) millions. Ce chiffre très supérieur aux bilans anciens provient d'une natalité stationnaire et d'une mortalité déclinante (Collection André Journaux, 1979).

Le groupement de Luduha n'est pas exclu de cette réalité ci-haut décrite. L'Etat civil n'ayant presque rien enregistré (10 naissances seulement le long de l'an 2014), nous nous sommes contentés des données de nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015.

Sur les 133 chefs de ménages enquêtés, trente-deux (32) ont eu un nouveau-né au cours de l'an 2014.

$$TBN = \frac{\text{Nombre de naissances vivantes par an.}}{\text{Eff. pop. totale au 31 décembre}} \times 1000$$

Les 133 ménages représentant 10% de tous les ménages, il est possible que les 32 naissances enregistrées représentent également 10% des naissances qui seraient enregistrées par enquête exhaustive.

$TBN = \frac{320}{8550} \times 1000$ . On a TBN=37,4‰ ; c'est une natalité très élevée semblable à celle de tous les Etats sous-développés.

#### b) Mortalité

Le taux brut de mortalité (TBM) est le rapport entre le nombre de décès par 1000 habitants sur l'effectif de la population totale au 31 décembre. Durant nos déplacements du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015 sur une population de 855, nous avons enregistré 9 cas de décès survenus au cours de l'an 2014.

$$TBM = \frac{\text{Nombre de décès par an}}{\text{Eff. pop. totale au 31 décembre}} \times 1000$$

$TBM = \frac{90}{8550} \times 1000$ . On a TBM=10,5‰ ; il se situe loin derrière le TBN.

#### c) Accroissement naturel

Le taux d'accroissement naturel (TAN) est la différence entre le taux de natalité et le taux de mortalité. TAN=TBN-TBM ; on a TAN=37,4‰-10,5‰ ; TAN=26,9‰, c'est un taux très élevé tel que montré par la collection André journaux (une natalité stationnaire et une mortalité déclinante).

## 3.1.4 STRUCTURE DE LA POPULATION

## a) Age et sexe

L'âge et le sexe (tableau 3 et Fig.1) permet de déterminer la répartition de la population par secteurs d'activités et la sex-ratio.

Tableau 3 : composition par âge et par sexe de la population de LUDUHA à la fin de l'an 2007

Groupe d'âge	Masculin	Féminin	Totaux
0-4 ans	93	95	188
5-9 ans	83	84	167
10-14 ans	70	74	144
15-19 ans	33	35	68
20-24 ans	30	33	63
25-29 ans	22	21	43
30-34 ans	18	23	41
35-39 ans	17	18	35
40-44 ans	15	18	33
45-49 ans	12	14	26
50-54 ans	8	10	18
55-59 ans	6	6	12
60-64 ans	3	4	7
65-69 ans	1	4	5
70 ans et plus	2	3	5
LUDUHA	413	442	855

Source : nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015.

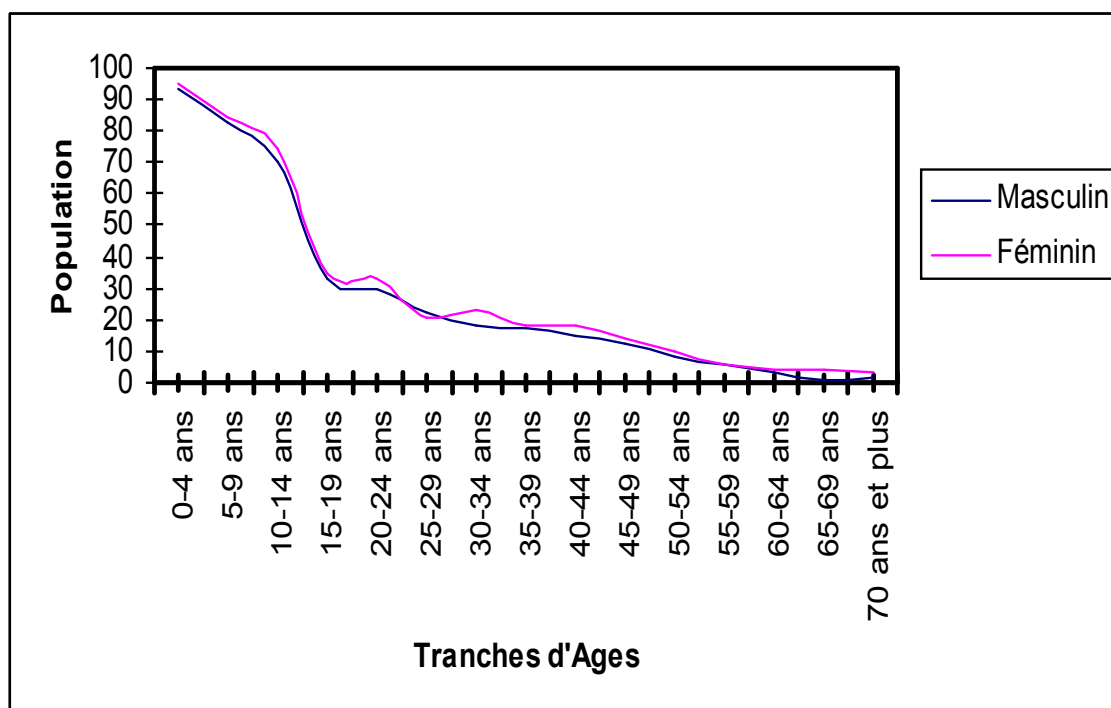


Fig.1 : Age et sexe de la population de Luduha

A Luduha, une différence remarquable de deux sexes s’observe. D’une manière générale les femmes dépassent les hommes de 29 personnes. Cette différence (29 individus de différence) s’explique que par un taux de mortalité plus élevé chez les hommes que chez les femmes.

Les jeunes âgés de moins de 20 ans représentent 66,7% de la population ; les adultes de 20 à 65ans 32,9% tandis que les personnes âgées de plus de 65ans ne représentent que 0,4% ; l’espérance de vie étant très réduite comme dans l’ensemble des pays sous développés. Ainsi la classe à charge représente 67,1% de la population et celle des actifs ne représentent que 32,9%.

Le rapport de sexe se présente comme suit à Luduha :

- Taux de masculinité :  $\frac{Hommes \times 100}{femmes} \Rightarrow \frac{413 \times 100}{442} = 93,3\%$
- Taux de féminité :  $\frac{Femmes \times 100}{Hommes} \Rightarrow \frac{442 \times 100}{413} = 107,0\%$

De ce fait, pour 93,3 hommes à Luduha, il existe 107 femmes. Ce déséquilibre crée le problème de polygamie multipliant ainsi le nombre de ménages dans le groupement.

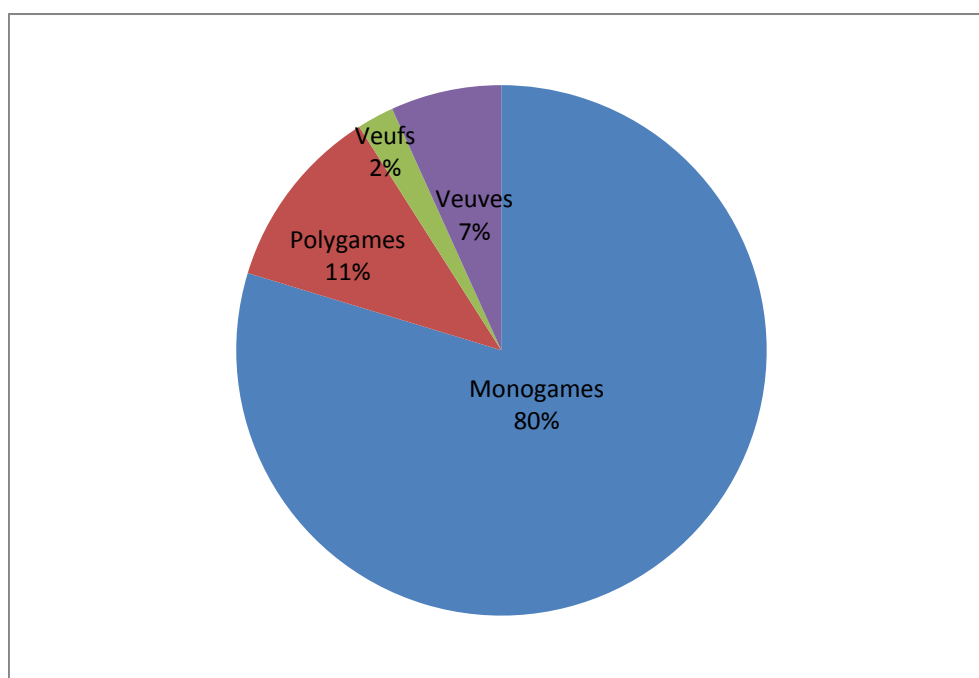
### b) Répartition matrimoniale

La répartition matrimoniale (tableau 4 et Fig. 2) peut déterminer l’appartenance de la population à une croyance religieuse quelconque.

**Tableau 4: Répartition matrimoniale des ménages enquêtés**

Sujet	Monogames	Polygames	Veufs	Veuves	Total
K	106	015	003	009	133
%	80	11	02	07	100

Source : Nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015



**Fig.2 : répartition matrimoniale de la population de Luduha**

Sur les 133 chefs de ménages enquêtés, les monogames dominent et représentent environ 80% de l'échantillon. Cette dominance est expliquée tout d'abord par la crainte de la dépense de deux femmes (de la polygamie) et aussi par il faut prendre en compte le fait que la majorité de la population est chrétienne recommandant d'être fidèle à une seule femme et à un seul mari. De ce fait, les chrétiens (catholiques et protestants) représentent environ 85% et les animistes 15%.

La polygamie y représente encore 11% des ménages la mortalité étant élevée chez les hommes que chez les femmes et les veufs sont moins nombreux que les veuves.

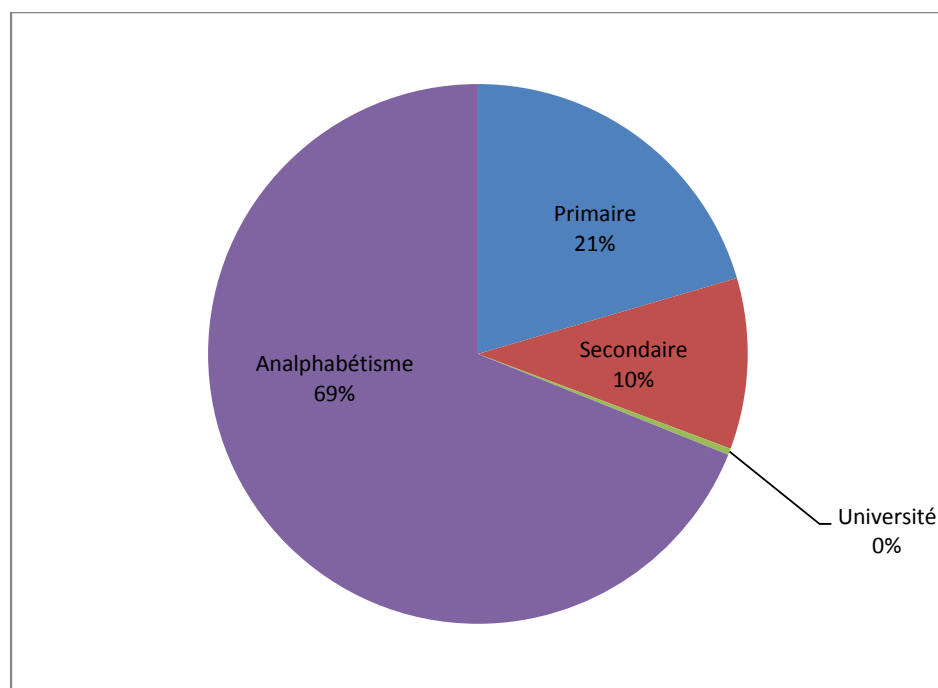
### c) Niveau d'instruction

Les chefs des ménages et/ou les parents n'ont pas le même niveau d'instruction (Tableau 5 et Fig3) et la population étudiée moins à Luduha.

**Tableau 5: Niveau d'instruction des Parents**

Degré	Femmes	%	Hommes	%	Total	%
Primaire	31	23,9	21	17,0	052	20,5
Secondaire	06	04,6	20	16,1	026	10,2
Université	00	00,0	01	00,8	001	00,4
Analphabétisme	93	71,5	82	66,1	175	68,9
Total	130	100	124	100	254	100

Source : Nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015



**Fig.3 : Niveau d'instruction de la population de Luduha**

Le total de femmes est de 130 et celui d'hommes de 124, pourtant nous avons enquêtés 133 chefs de ménages. Ceci s'explique par les trois (3) veufs, et les neuf (9) veuves rencontrées dans l'échantillon de l'enquête. Le taux d'analphabétisme reste trop élevé et 69% des chefs de ménages n'ont pas vu le tableau noir. C'est l'une des causes de l'absence d'autres travaux scientifiques déjà effectués sur le groupement.

Aucune femme n'a fait les études universitaires et un seul homme a fréquenté l'institut supérieur. Ceux-là qui ont fréquenté l'école secondaire représentent relativement un pourcentage réduit de 10%, soit moins que la moitié de ceux qui

ont fait l'école primaire (21%). Dans tous les cas, la scolarisation des femmes se situe loin derrière celle des hommes dans ce groupement car les chefs des ménages considèrent les filles comme des personnes qui étudient pour leurs futurs maris.

Le groupement avec son nombre d'écoles réduit (Tableau 6), les quelques écoles qui existent manquent les élèves, la population n'étant pas intéressée des études. Toutes les écoles sont gérées par les églises signataires de la convention scolaire avec l'Etat Congolais; raison par la quelle le réseau de gestion est indiqué dans le tableau 6.

**Tableau 6 : effectif des écoles dans le groupement pour l'année scolaire 2014-2015**

Nom de l'école	Localités	Réseaux	Nombre de classe	Nombre d'élèves		Personnel	
				Garçons	Filles	M	F
EP. Kabingu	Kabingu I	Protestant	6	89	66	6	1
EP. Kamagaga	Conga	Catholique	6	166	146	6	1
EP. Luduha	Mujindi	Protestant	6	157	128	7	-
EP. Lusirwe	Conga	Protestant	6	95	71	7	-
Institut Luduha	Mujindi	Protestant	6	114	48	9	-
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>618</b>	<b>459</b>	<b>35</b>	<b>02</b>

Avec EP=Ecole primaire, M= masculin et F= féminin.

Source : nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015

Le groupement de Luduha dans son ensemble compte cinq écoles dont quatre écoles primaires et une école secondaire. A l'an 2005, il n'y avait que deux écoles à Luduha (EP. Kamagaga et EP. Luduha) et trois autres se sont ajoutées dans moins de 10 ans, notamment les écoles primaires de Kabingu et Lusirwe ainsi que l'école secondaire (institut Luduha).

Les écoles gérées par deux religions dominantes dans le groupement ; une est conventionnée catholique et quatre protestantes. Elles sont construites en matériaux durables malgré l'inachèvement de certains bâtiments (manque de pavements, tôles, ...).

L'effectif global des élèves de toutes les écoles est de 1077 ; dont 618 garçons et 459 filles. A l'école secondaire les garçons représentent plus du double des filles, car la majorité de filles finissent les études au niveau de l'école primaire et se précipitent pour le mariage. L'effectif global du personnel enseignant est de 37 dont deux femmes et 35 hommes.

La qualification maximum du personnel est le niveau du diplôme d'Etat appelé communément D6 et l'enseignement est confronté à quatre principaux problèmes à Luduha notamment :

- Non achèvement de construction : les écoles nouvellement créées n'ont même les bâtiments administratifs (bureaux) ;
- Non paiement des agents par l'Etat : les deux anciennes écoles sont les seules mécanisées, mais tous leurs agents ne le sont également pas ;
- Manques des fournitures scolaires : c'est un fléau plus grave encore, le manque de matériels didactiques, de pupitres et de tableaux,... restent des problèmes sérieux aux écoles du groupement ;
- Abandon des élèves : selon les directeurs de ces écoles, si l'on passait enregistrer les élèves chaque mois, la déperdition scolaire mensuelle est de l'ordre de 2%.

Selon ces dirigeants, les seuls pistes de solution à envisager est la prise en charge des écoles par l'Etat ; et le concours efficace des parents pour le bien-être de l'école.

### **3.2 ASPECTS ECONOMIQUES DE LUDUHA**

#### **3.2.1 PRODUCTION AGRO-PASTORALE**

##### **a) Agriculture**

Afrique doit faire face à de terribles problèmes concernant l'utilisation de son sol. Le déboisement exagéré, les dégâts occasionnés par le bétail, les moutons et les chèvres ont dénudé le sol. D'autre part les mêmes cultures imposées aux mêmes étendues durant les années ont épuisés la terre. De tout cela résulte l'érosion (Elisabeth, 1965).

La croissance démographique du groupement de Luduha a conduit à l'émiettement des parcelles et à la surexploitation des terres qui expose le sol à l'érosion. Les maniocs et bananes sont cultivés à Luduha il ya plus d'un siècle. Dans les plateaux

au sud et au centre du groupement, le sol est fragilisé par les cultures et reste un champ propice pour les érosions hydriques. Dans les montagnes où règne la pyromanie annuelle, les mouvements gravitaires attaquent drastiquement les versants à pentes fortes et aucune lutte antiérosive n'est pratiquée à Luduha.

Cette démographie galopante raréfie les terres cultivables d'année en année et l'autorité coutumière ne dispose plus de lopins de terre à distribuer aux paysans. Les seules terres qui lui sont encore propres sont les montagnes à pentes fortes destinées au pâturage. Aujourd'hui l'acquisition d'un espace cultivable se fait surtout par héritage et achat entre paysans. Ainsi sur les 133 chefs de ménages enquêtés, le constat est qu'un paysan peut avoir trois champs acquis tous par héritage et achat ; d'où 116 champs ont été acquis par achat, 109 par héritage, seulement 10 champs sont locatifs et 7 donnés par le Chef coutumier.

L'utilisation d'engrais est très négligeable à Luduha. Sur les 133 chefs de ménages enquêtés, 34 seulement utilisent les fertilisants organiques et d'ailleurs mal réparti et mal utilisé.

Il est mal réparti en ce sens que la majorité de cet engrais est constitué des excréments d'animaux domestiques qui s'entassent et se terminent autour des cases dans des bananerais et à Dieu les champs éloignés des cases. Il est également mal utilisé en ce sens que les herbes sont incendiées dans des champs endommageant les colloïdes du sol et la faune édaphique. Cette faible utilisation d'engrais fortement popularisée est expliquée par un manquement grave de vulgarisation des techniques agricoles par les agronomes qui sont aussi absents dans le milieu.

Les terres arables quoique fertiles, sont inférieures aux besoins de la population et l'association des cultures (polyculture) est une réalité remarquable dans tout le groupement. Cette association des cultures permet une diversité des produits vivriers sur un espace réduit. Les principales associations sont :

- Bananiers-colocases-haricots
- Manioc-patates douces-maïs-haricots
- Haricots-sorghos-maïs

Les houes et machettes sont les principaux outils fréquemment utilisés pour la culture. Rappelons que les espaces destinés à l'agriculture vont de la rivière kadubo jusqu'aux plateaux habités par l'homme. Ces espaces ne sont pas destinés uniquement à l'agriculture, mais également à l'habitation, aux établissements scolaires, églises, en bref les infrastructures.

Les principales cultures à Luduha sont :

- **Le manioc du nom scientifique « manihoc esculenta »** : il est la culture d'auto – consommation familiale la plus rependues et la plus consommée à Luduha ; chaque ménage dispose au moins d'un champ de manioc. Il est soit consommé comme tubercule, soit comme farine pétrie dans l'eau chaude (pâte de manioc) et ses feuilles servent d'une excellente légume très riche en fer. Le repas quotidien de pâte de manioc cause à ce que personne ne se passe de lui à Luduha ;
- **La banane du nom scientifique « Musa auminita »** : son expansion dans ce milieu n'est pas aussi négligeable ; après le manioc dont chaque ménage dispose au moins un champ, il existe d'innombrables bananerais autour des cases. Ainsi les 133 ménages enquêtés, 104 disposent des champs de bananier. La banane est soit préparée et consommée comme aliment (pour certains types de bananes appelées localement Musheba, Bisamunyu, ...), soit consommée comme fruit quand elle est mûre, soit brassée quand elle est mûre et consommée comme boisson ;
- **Le haricot du nom scientifique « phasendus vulgaris »** : il est aussi une culture d'auto – consommation familiale préférée par les paysans. Il est préparé et consommé seul, ou avec les bananes ou encore ensemble avec les patates douces. Il est cultivé par plus de 33% de la population de Luduha ;
- **Le sorgho du nom scientifique « sorghum vulgare »** : le sorgho est une céréale traditionnellement d'une importance capitale et dont on ne peut pas se passer de sa bouillie en cas de maladie ou en cas de convalescence au Sud-Kivu. Après la récolte, on le moule et on obtient de la farine avec la quelle on fait le bon fougou qui est un excellent repas avec le lait de vache. A la mouture, les déchets du sorgho servent à la fermentation de la boisson locale provenant de la banane appelée « Kasiksi ».
- **Patate douce du nom scientifique « Ipoméa vatata »** : cultivée pour ses tubercules riches en Amidon. A cause de son alimentation et usage courants du peuple de l'Est de la République Démocratique du Congo, on l'appelle « MUZIGW'ECIHUGO » qui veut dire une racine rependue partout. Lors de la récolte, les boutures servent de fourrage pour les herbivores domestiques. Elle est cultivée par 64% de la population.
- **Le maïs du nom scientifique « Zea mays »** : une céréale consommée soit grillée, soit moulu et sa farine sert de pâte de maïs pétrie ensemble avec l'eau chaude, soit préparée et consommée comme aliment, soit comme bouillie. Sa farine

intervient également dans la fabrication de la boisson locale appelée localement « MUSHUNGA ». il est cultivé par 29% de la population.

- **Autres cultures** : à part les principales cultures précitées, la canne à sucre, les colocases et autres légumes, ... sont aussi cultivés à Luduha.

De toutes ces cultures, ce sont les bananes et maniocs qui font de Luduha le grenier agricole de la Chefferie de Luhwindja. A cause de sa productivité, les autorités coutumières de la chefferie s'intéressent beaucoup plus au groupement et chacune d'elles a un champ de manioc à Luduha. La culture de ces plantes est liée aux besoins et à la mentalité du paysan. Pour toutes ces cultures précitées, leur productivité est en baisse ; car les engrais sont négligés et la population galope demandant à la terre qu'elle ne peut ;

Les grandes périodes culturales vont de Mai-août pour semer septembre –octobre (tableau 6) pendant les pluies abondantes.

**Tableau 6 : les périodes de culture et de récolte**

Cultures	Sèmes	Récoltes
Haricot	Septembre-octobre	Novembre-décembre
Manioc	Toute l'année	12 à 24 mois après
Sorgho + maïs	Septembre-octobre	Février-mars
Patate douce	Octobre-avril	3 à 5 mois après
Bananier	Août-avril	Toute période
Colocase	Septembre-octobre	Mai – juillet
Autres légumes	Septembre	2 à 3 mois après

Source : calendrier agricole de la chefferie de Luhwindja (2010).

## b) Elevage

### PÂTURAGES

La conquête des espaces verts par les habitants et par les cultures provoque une régression remarquable des pâturages. Certains endroits inhabités avant quinze ans, notamment le nord du plateau de Byazi, Mudeka, Kazimbolero, ... sont actuellement habités et labourés. Cette lapidation des pâturages exige les paysans de Luduha de laisser son bétail à son domicile dans les étables, et lui chercher les fourrages. Les dits fourrages ne sont cultivés et les trouver pose problème surtout en pleine saison sèche. Cette rareté des fourrages oblige le paysan de pâturer les bétails dans les montagnes du nord. Néanmoins, Luduha reste le premier groupement producteur du lait à Luhwindja.

### LES PRINCIPAUX ANIMAUX ELEVES

Il est difficile de répertorier un ménage qui n'élève rien (ni boeuf, caprins, porcins, ou volailles) à Luduha (Tableau 7) car quiconque n'élève rien est vraiment suspect et considéré comme quelqu'un de temps en autre pouvant escroquer les biens des autres.

**Tableau 7 : nombre d'élever et d'animaux**

Animaux élevés	Nombre d'éleveurs	Pourcentage d'éleveurs
Bœufs	65	48,8
Caprins	94	70,6
Porcins	49	36,8
Volailles	133	100

Source : nos enquêtes du 23 décembre 2014 au 04 janvier 2015

Sur les 133 ménages enquêtés, tous élèvent les volailles et le paysan se force progressivement pour élever toutes les quatre espèces précitées constituant son signe de fortune dans le milieu faisant de lui de l'estime.

## MODES DE TRAITEMENT DES ANIMAUX DOMESTIQUES « TRAITEMENT ZOO-SANITAIRE » ET PROBLEMES D'ÉLEVAGE A LUDUHA

Le traitement zoo-sanitaire se fait de deux manières dans le groupement de Luduha:

- **Le vétérinaire** : la Chefferie de Luhwindja en général a un vétérinaire qui circule annuellement le long de la Chefferie pour les traitements des bœufs uniquement. Cette insuffisance de vétérinaire est une véritable menace de l'élevage dans le milieu.
- **Vernaculaire** : parmi les paysans, il existe des spécialistes en phytothérapie (recherche d'herbes destinées aux traitements sanitaires des animaux). Les bœufs concernés par le vétérinaire annuelle sont également soignés d'une manière vernaculaire.

En plus de ce mauvais traitement des animaux, la régression spontanée des pâturages constitue un danger à la pérennité de l'élevage dans le milieu.

### 3.2.2 POTENTIEL AURIFERE ET ECHANGES COMMERCIAUX

#### a) Potentiel aurifère

La route qui relie Kaziba-Luhwindja-Burhinyi a été tracée pour des raisons minières vers les années 1942-1943. Le tracé de cette route a permis aux prospecteurs de la M.G.L (société Minière des Grands Lacs) de découvrir d'importants gisements aurifères à Luduha dans la localité de Conga et dans les alluvions de la rivière Kadubo jusqu'aujourd'hui exploités seulement par les artisans à faibles profondeurs.

Le bassin Aurifère de Luduha comprend presque toute la partie sud du groupement qui se prolonge vers quelques plateaux du centre.

Actuellement, l'extraction aurifère est une activité qui occupe un nombre important d'hommes du groupement où tout homme âgé de plus ou moins 16 ans connaît creuser de l'or. De ce fait, sur les 133 ménages enquêtés 20,3% d'hommes sont de creuseurs d'or, tandis que toutes les femmes se consacrent aux travaux champêtres.

Cette exploitation généralisée a des conséquences graves sur la vie humaine du groupement, notamment :

- La délinquance juvénile : les jeunes n'étudient pas et les études restent une activité des chômeurs ;
- L'exode rural : Les recettes de cette activité poussent le paysan creuseur de quitter la campagne vers la Ville de Bukavu où il laisse sa famille et rentre à son travail au village ;
- La négligence d'autres travaux : L'agriculture et l'entretien des animaux élevés est devenue essentiellement une activité des femmes ;

#### b) Echanges commerciaux

Le commerce proprement dit n'existe pas à Luduha car le groupement n'a ni boutique, ni magasin dans son ensemble.

Il existe, le plus souvent, une interdépendance très forte entre le marché du produit non transformé (sac de pomme de terre) et celui du produit transformé (sachet de chips). (Lelong 1975).

Sur son marché de Kabulaga, Le groupement de Luduha pratique les échanges entre ses produits agricoles et aurifères avec les produits transformés (troc) en provenance de Ngweshe en Territoire de Walungu et d'autres groupements de Luhwindja.

Les échanges les plus fréquents sont :

- Le manioc avec sel, savons, allumettes ou avec les fretins ;
- Les haricots avec le sel ou le pétrole.

En plus des produits précités, il existe d'autres produits sur ce marché, notamment : la viande qui est le produit de leur élevage, la boisson de la banane, le sucre, le soja, les légumes,...avec d'autres produits et l'argent (francs congolais).

Le groupement écoule également ses produits agricoles (maniocs, boisson de bananes, patates douces) pastoraux (caprins, bœufs, porcins, volailles) et même aurifères au centre de la Chefferie de Luhwindja en groupement de Kabalole. Outre, le groupement est dépourvu des voies de communication routière et tout transport de ces produits se fait par tête.

#### 4 CONCLUSION

Le groupement de Luduha avec une superficie de 26Km<sup>2</sup>, représente environ 1/7<sup>ème</sup> de la superficie totale de la Collectivité-chefferie de Luhwindja et situé à son extrême Nord entre 28°28'44" et 28°30'20" de longitude Est et entre 2°49'43" et 2°50'32" de Latitude Sud.

La population de Luduha a presque doublé dans moins de 15ans avec 4435 habitants en 1999 à 8550 habitants en 2014 soit une densité moyenne de 328,8hab/Km<sup>2</sup> en 2014 avec un taux de natalité très élevé (37,4‰) semblable à celui de l'ensemble du tiers-monde, mais le taux de mortalité est déclinant avec 10,5‰, ce qui donne un accroissement naturel de 26,9‰.

C'est une population jeune où les moins de 20 ans représentent 66,7% tandis que les personnes âgées ne représentent que 0,4% et les femmes sont loin nombreuses que les hommes (phénomènes dû à une mortalité élevée chez les hommes que chez les femmes).

Le groupement de Luduha est à prédominance monogamique, environ 80% sont monogames et cela serait expliqué par le fait que la majorité de la population est chrétienne (plus de 80%) mais la polygamie n'y est pas aussi négligeable et représente encore 11% de la population. Le taux d'analphabétisme est très élevé à Luduha avec 69% des chefs de ménages analphabètes.

La majorité des paysans de Luduha acquiert leurs champs par héritage et par achat entre paysans et très peu utilisent des fertilisants. La croissance spectaculaire de la population oblige le paysan de pratiquer l'association des cultures, car les surfaces cultivables se sont considérablement réduites. Malgré cette réduction, le groupement reste le grenier agropastoral de toute la Chefferie (premier producteur des maniocs, bananes à Luhwindja et du lait de vache). L'explosion démographique n'affecte pas seulement les espaces cultivés, mais aussi les pâturages se réduisent d'année en année à cause de la conquête humaine. La régression des pâturages associée à la situation zoo-sanitaire précaire est le problème majeur des bétails.

Le groupement a un potentiel aurifère dont l'exploitation est entièrement artisanale avec tant de conséquences sur la vie comme la délinquance juvénile, l'exode rural et la négligence d'autres travaux. Les échanges commerciaux les plus fréquents sont ceux des produits agricoles du groupement avec les produits manufacturés importés de ses voisins.

Les études y sont très négligées et considérées comme activité des chômeurs. Le groupement est faiblement équipé en infrastructure et il est par ailleurs enclavé (sans route). L'enseignement y est confronté à des multiples problèmes notamment le non achèvement de construction, la non mécanisation de certains agents, manque de fournitures scolaires et la déperdition drastique des élèves.

#### REFERENCES

- [1] BIRINDWA C. et al. 2015, mesures pluviométriques de la Collectivité-chefferie de Luhwindja (2011), IJISR, Rabat.
- [2] BUHALAGARHA V et MWINYIKONDO K., Géographie générale 4<sup>e</sup> secondaire, Loyola, Kinshasa, 2003.
- [3] COLLECTION ANDRE JOURNAUX, 1979, Géographie générale humaine et économique Hatier, Paris, 220pages
- [4] ELISABETH H., 1965, Au secours de la nature, Ed Franco-empire, Paris.
- [5] Etat-Civil, 2014, Archives de la Chefferie de Luhwindja
- [6] EUVERTE G., 1967, les climats et l'agriculture, P.U.F., Paris.
- [7] ILUNGA L., Morphologie, volcanisme et sédimentation dans le rift du Sud-Kivu, Bulletin de la Société Géographique de Liège, 1991, vol.27.
- [8] KASAY K., 1988, Dynamique démo-géographique et mise en valeur de l'espace en milieu équatorial d'altitude : cas du pays Nande au Kivu Septentrional, Zaïre, Thèse, UNILU.
- [9] LELONG P., 1975, Les marchés agricoles, P.U.F., Paris
- [10] TRICART J., Le modelé des régions chaudes forêts et Savanes, SEDES, Paris, 1974.

## Gestion du risque de liquidité : Problématique du comportement de la clientèle bancaire marocaine

### [ Risk management of liquidity: Problematic of the behavior of the Moroccan banking customers ]

*Y. REGRAGUI and Y. AL MERIOUH*

Département Management,  
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion,  
Université Abdelmalek Essaâdi,  
Tanger, 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 behavior of bank customers is a major issue of asset liability management banking and is one of the latest recommendations of the Basel Committee with a view to better risk management. The study we propose is modeling the behavior of bank customers is especially for customer deposits “firms” of a Moroccan commercial bank. The data on which we have worked are taken from the summary statements (balance sheet), in order to determine the portion of these deposits, stable in function of time that the bank could use to grant loans minimizing the risk of transformation and liquidity. We therefore conclude the depositors businesses, from these results, have no visible financial behavior towards their Demand deposits. This conclusion will allow the bank not to take into account the factor of short-term interest rates as affecting the volume of available current accounts.

**KEYWORDS:** Sight deposits, Asset-liability Management, models of Selvaggio, conventions of flow, modeling.

**RESUME:** Le comportement de la clientèle bancaire est un enjeu majeur de la gestion actif /passif bancaire et fait partie des recommandations les plus récentes du Comité de Bâle en vue d’une meilleure gestion des risques. L’étude que nous proposons est une modélisation du comportement de la clientèle bancaire est plus particulièrement les Dépôts à vue de la clientèle « entreprises » d’une banque commerciale marocaine. Les données sur lesquelles nous avons travaillé sont issues des états de synthèse (Bilan), dans le but de déterminer la partie de ces dépôts, stable en fonction du temps que la banque pourrait utiliser pour octroyer des crédits en minimisant le risque de transformation et de liquidité. Nous concluons donc que les entreprises déposantes, à partir de ces résultats, n’ont pas de comportement financier visible à l’égard de leurs Dépôts à vue. Cette conclusion permettra à la banque de ne pas prendre en considération le facteur taux d’intérêt à court terme comme étant influent sur le volume disponible des comptes à vue.

**MOTS-CLEFS:** Dépôts à vue, Gestion Actif- Passif, modèle de Selvaggio, conventions d’écoulement, modélisation.

## 1 INTRODUCTION

Les banques assurent la fonction d’intermédiaires financiers ; elles jouent le rôle d’orienter l’argent de ceux qui n’en ont momentanément pas besoin vers ceux qui en ont besoin. Cette fonction peut prendre la forme d’une allocation, lorsque les ressources d’origines diverses sont combinées pour servir de support de financement à l’économie en sa globalité. La

transformation représente la deuxième fonction d'intermédiation, c'est-à-dire emprunter à une échéance courte et placer les fonds ainsi obtenus dans des actifs de plus long terme. C'est le métier de base de toute banque commerciale qui collecte des dépôts à vue, qui sont généralement des ressources gratuites (dans le sens où ils ne sont pas rémunérés au Maroc) pour la banque, et octroie des prêts qui représentent des actifs échancés à différentes maturités et ayant différentes natures.

Cependant, cette fonction d'intermédiation financière qui définit l'activité commerciale de la banque et ses profits n'est pas sans coûts ; en effet, l'activité d'une banque est confrontée à plusieurs risques qui menacent la banque en question, ou même au système bancaire tout entier, de vivre une crise financière pénalisante. Parmi les risques à prendre en considération dans l'activité bancaire se trouve le risque de liquidité.

Dans ce sens, le risque de liquidité se matérialise lorsque la banque est dans l'incapacité à honorer les engagements contractés lors de leur exigibilité. Il résulte donc des décalages entre les différents flux de liquidité à travers tout le bilan bancaire. Les méthodes des gaps – ou impasses – fournissent des indicateurs efficaces des positions futures en termes de liquidité. Cependant, elle nécessite l'étude de chacun des postes du bilan, que ce soit au niveau des ressources que des emplois, afin d'évaluer ses propriétés de liquidité. Certains ont une échéance contractuelle, donc ont un écoulement plus ou moins déterministe, d'autres posent plus de problèmes puisque leur présence future dans le bilan n'est pas préétablie. C'est le cas des dépôts à vue pour lesquels nous avons proposés une loi d'écoulement conventionnelle. Cela a nécessité des modélisations de leurs encours puisque leur évolution dépend du comportement de la clientèle qui peut être financier, économique ou saisonnier. Par l'application d'un modèle de valorisation de dépôt qui va permettre d'établir un seuil de stabilité des dépôts à vue qui constitue la part de ceux-ci dont la banque disposera pour ses divers emplois et sans grand risque d'exigibilité.

En effet, Les dépôts à vue (DAV) constituent effectivement une source de risque de liquidité très importante, c'est la plus large dette de la banque et qui n'ont pas d'écoulement contractuel comme c'est le cas pour la majorité des autres postes du bilan. Ils sont donc non échancés : ces montants peuvent varier dans les deux sens et sans délai. Statistiquement néanmoins, une fraction importante des DAV est stable. Dans ce papier, nous présentons justement le premier modèle de DAV qui fut conçu par Selvaggio ainsi que la logique qui lui est sous-jacente. Nous estimerons ses paramètres et apporterons des analyses sur les résultats obtenus à partir des données sur une banque commerciale marocaine.

## **2 CADRE CONCEPTUEL**

### **2.1 RISQUE DE LIQUIDITÉ**

Le risque de liquidité est considéré comme fatal pour une banque. Celui-ci, en cas de survenance sérieuse peut mener à la faillite de l'établissement bancaire.

Le risque de liquidité [1] représente pour un établissement de crédit l'éventualité de ne pas pouvoir faire face, à un instant donné, à ses engagements ou à ses échéances même par la mobilisation de ses actifs ; le risque d'illiquidité dépend d'une part de sa situation propre, d'autre part de facteurs externes comme l'offre des marchés financiers ; la matérialisation du risque de liquidité peut survenir à l'occasion :

- d'un retrait massif des dépôts ou de l'épargne de la clientèle ;
- d'une crise de confiance du marché à l'égard de l'établissement concerné ; et/ou
- d'une crise de liquidité générale du marché.

La liquidité au sens large est inséparable de la notion d'actif, la valeur de l'actif est quantifiée par la monnaie, c'est là qu'intervient la notion de liquidité. Un actif est très liquide quand il est réalisable rapidement à un prix correct. Inversement un actif illiquide est un actif difficilement réalisable ; l'actif le plus liquide est justement la monnaie légale [2].

La gestion de liquidité est encadrée par des procédures internes et des règles légales, qui s'assurent qu'en face des passifs de différentes natures, qui pour une banque sont les dettes vis-à-vis de ses clients et ses créanciers, il y a suffisamment de liquidités. C'est la banque centrale qui surveille la liquidité bancaire, et mesure l'aptitude des banques dans leur ensemble à faire face à leurs obligations. Si elle juge que cette liquidité est trop faible, elle assouplit sa politique en baissant les taux d'intérêt ou en achetant des titres aux banques, et inversement si cette liquidité est trop forte. L'enjeu de la liquidité bancaire est le risque de crise financière systémique : une banque qui ne peut satisfaire la demande en liquidité de sa clientèle est en cessation de paiement par définition, ce qui peut entraîner ses consœurs dans le même désastre et toute l'économie peut être touchée.

Lorsqu'on cherche à définir le risque de liquidité, plusieurs visions nous sont données. La définition de référence que nous retenons est celle du comité de Bâle:

« Liquidity [is] the ability to fund increases in assets and meet obligations as they come due. »<sup>1</sup>

C'est-à-dire que l'on considère, selon cette définition, que la position de la banque est suffisamment liquide si celle-ci est capable de financer un accroissement de ses actifs et d'honorer ses engagements dès qu'ils deviennent exigibles.

A partir de là, on peut formuler la première définition du risque de liquidité qui se traduit donc à travers l'impossibilité de la banque de satisfaire à ses engagements à la date même de leur exigibilité. Il apparaît lorsque des besoins inattendus sont subis par la banque et qu'elle ne peut y faire face à partir de ses actifs liquides.

## 2.2 GENERALITE SUR LA GESTION ACTIF-PASSIF

La gestion actif-passif ou Assets-Liability management (ALM) désigne les techniques de maîtrise du risque de liquidité, de taux et de change sur le périmètre des activités commerciales d'un réseau bancaire, il s'agit d'une démarche d'identification, de mesure et de contrôle des risques, plus que ça, c'est un outil de pilotage de bilan[3].

Selon une définition plus détaillée donnée par la société des actuaires canadienne : « La gestion actif-passif désigne un mode de gestion des affaires visant à coordonner les décisions relatives à l'actif et au passif ; il s'agit donc d'un processus continu, impliquant la formulation, la mise en œuvre, le contrôle et la révision des stratégies se rapportant à l'actif et au passif dans le but d'atteindre des objectifs financiers, compte tenu d'une certaine tolérance au risque et de certaines contraintes. La gestion actif-passif est cruciale pour tout établissement devant placer des capitaux pour faire face à ses engagements et désireux de garantir une gestion financière équilibrée ». C'est dire que les banquiers ont pris conscience, du lien entre, d'une part la qualité et la structure des actifs et des passifs et d'autre part, la série des résultats futurs que la banque pourra générer.

Les risques sont de nature variée, pour être évalués, ils nécessitent des systèmes d'informations et des théories parfois très sophistiquées, leur gestion intéresse à la fois la banque et l'ensemble du système financier, pour ces raisons, une gestion saine s'avère extrêmement complexe ; l'ALM est le fruit de l'expérience des succès mais surtout des « accidents » bancaires, c'est tout d'abord un outil de prévention des faillites et un moyen de viser toujours une rentabilité élevée [4].

C'est pourquoi l'ALM « vise à maîtriser dans les meilleures conditions de rentabilité des fonds propres, les conséquences négatives potentielles des risques financiers ». En d'autres termes il s'agit d'optimiser la rentabilité des fonds propres tout en préservant un niveau acceptable de risque de taux, de change et de liquidité et en assurant une allocation des fonds propres de manière à adapter le volume et la structure des emplois et ressources et des activités à l'évolution du marché et à l'environnement financier et réglementaire, notamment aux ratios prudentiels. On parle alors d'optimisation du couple risque/rentabilité.

Ainsi, elle a pour objectif d'estimer et piloter l'équilibre entre les ressources et les emplois au regard des risques pris par l'établissement sous contrainte d'un niveau de rentabilité et d'un cadre réglementaire précis et variable selon les pays. Elle analyse systématiquement le risque de liquidité et le risque de taux, et s'assure du respect des ratios imposés par les régulateurs domestiques et internationaux. Elle a pour cela besoin de comprendre les comportements de la clientèle, afin de les modéliser et d'en évaluer les impacts au travers de simulations qui lui permettent alors de décider de mettre en place des opérations de couverture contre les risques identifiés.

## 2.3 CADRE REGLEMENTAIRE DE L'ALM

### 2.3.1 NORMES PRUDENTIELLE (BALE II)

Le règlement 97-02 ou dans la directive Bâle II (Pilier 2) rappelle l'obligation pour les institutions financières de disposer d'outils et de systèmes de mesure des risques ("*an institution shall implement systems to evaluate and manage the risk arising from potential changes in interest rates*").

<sup>1</sup> Comité de Bâle sur le contrôle bancaire (Février 2000), "*Sound Practices for Managing Liquidity in Banking Organisations*", Banque des Règlements Internationaux.

Les recommandations de Bâle II mettent en évidence la nécessité de la gestion du risque de taux, mais également mettent l'accent sur la liquidité : les scénarii de crise doivent intégrer le risque de liquidité dans la projection des flux sur la base de différentes hypothèses de sévérité, ces hypothèses doivent intégrer à la fois des facteurs externes (liquidité du marché) et des facteurs internes (problèmes de refinancement)<sup>2</sup>.

### **2.3.2 NORMES DE CONTROLE INTERNE**

Au Maroc, outre les directives imposant les règles de gestion des risques de change et de taux, la Directive de BAM n° 31/G/07 relative au dispositif de gestion du risque global de liquidité bancaire, qui exige une saine gestion de la liquidité impliquant la mise en place de stratégie qui définit la politique générale à adopter pour assurer un niveau de risque de liquidité acceptable au regard de l'activité de l'établissement et de l'environnement économique dans lequel il évolue<sup>3</sup>.

Une telle gestion doit notamment évaluer l'impact de la stratégie commerciale sur l'évolution du bilan en volume et en structure et lui faire correspondre la politique adéquate de financement et la tolérance pour le risque de liquidité maximum à supporter ; établir un lien explicite entre les objectifs en termes de performance financière et de politique de tarification ou de placement avec les contraintes qui en découlent en termes de liquidité ; statuer sur le niveau de couverture à assurer en termes de liquidité et sur les alternatives de financement pour des horizons moyen long terme.

### **2.3.3 NORMES COMPTABLES INTERNATIONALES (IAS/IFRS)**

Le référentiel IAS/IFRS (International Financial Reporting Standards), qui étend la valorisation des instruments financiers à la valeur de marché (« fair value accounting »), pourrait, en théorie, constituer une opportunité de convergence entre l'optique ALM et l'information comptable<sup>4</sup>.

Pourtant ce référentiel est loin de satisfaire les entités ALM, certaines des dispositions des nouvelles normes comptables internationales, en particulier de la norme IAS 39, ne correspondant pas forcément, en son état actuel, à la réalité économique et financière des établissements de crédit, en particulier s'agissant de leurs politiques de couverture.

L'IAS 39 reconnaît deux modalités de couverture : la couverture de flux de trésorerie et la couverture de juste valeur. L'objectif d'une couverture de flux de trésorerie est de passer à taux fixe un actif ou un passif à taux révisable. Cette stratégie de couverture est utilisée communément par les entreprises mais jamais par les banques. Les variations de valeur sur un swap en couverture de flux de trésorerie passent en capitaux propres et non en comptes de résultat.

A partir de là, deux types de gestion du risque de taux ALM se sont mis en place : La première est simple et consiste à placer les dépôts à vue en achetant des titres obligataires, les établissements concernés abandonnent l'utilisation des swaps comme instrument de couverture dans la mesure où les variations de valeur impactent le compte de résultat et optent donc pour un placement en cash. Les titres sont classés en portefeuille d'investissement (Held to Maturity) ou en portefeuille de placement (Available for Sale).

Dans le deuxième cas, les variations de valeur de ces titres sont comptabilisées en capitaux propres sans aucun impact en compte de résultat, le problème de cette solution, c'est qu'elle consomme de la liquidité, si tous les établissements appliquaient cette politique, on se retrouverait avec un gonflement des portefeuilles obligataires et avec potentiellement une tension sur la liquidité [5],[6].

## **2.4 PRESENTATION DU MODELE DE VALORISATION DE DEPOTS A VUE : MODELE DE SELVAGGIO**

En 1996, Selvaggio R. est l'un des premiers à avoir développé un modèle d'évolution de l'encours des dépôts à vue. Dans ce qui suit, nous utiliserons les notations telles que :

---

<sup>2</sup> Comité de Bâle pour le contrôle bancaire « Principes fondamentaux pour un contrôle bancaire efficace », octobre 2006.

<sup>3</sup> Bank Al-Maghrib « Directive de BAM n° 31/G/07 relative au dispositif de gestion du risque global de liquidité bancaire »

<sup>4</sup> Banque de France, Revue de la stabilité financière, N°6 (Juin 2005), Étude sur « Le risque de taux d'intérêt dans le système bancaire français » pp 91, 92

$D_k$  : L'encours des DAV entreprises en fin du mois k.

$R_k$  : taux d'intérêt mensuel des bons du trésor.

$T$  : Vecteur temps ( $T' = [\dots; -1; 0; 1; 2; \dots]$  si le nombre d'observations est impair

et  $T' = [\dots-3/2; -1/2; 1/2; 3/2; \dots]$  dans le cas contraire)

$\text{Log}$  : Logarithme népérien

- **Spécification des encours cible :**

Il spécifie, tout d'abord, les encours cibles  $D^*$  des dépôts. Ceux-ci expriment le volume d'encours qui devraient être atteint vu les conditions d'évolutions des facteurs macroéconomiques. En effet, le volume des dépôts à vue devra en principe évoluer au rythme de certains agrégats tels la croissance économique, l'accroissement de la masse monétaire ou l'élargissement de la masse salariale totale du pays [7]. La contribution de ces facteurs devrait en principe être visible sur l'évolution des dépôts à vue de la banque commerciale.

Selvaggio propose donc une spécification de ces encours cibles  $D^*$  des dépôts :

$$\text{Log } D_k^* = \alpha_1 + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 \log Y_k$$

$Y_k$  : représente les variables macroéconomiques autres que les taux d'intérêts, c'est un indicateur qui peut être représenté par les salaires, le taux de chômage, etc.

- **Convergence des dépôts vers les encours cible :**

D'autre part, Selvaggio émet l'hypothèse comme quoi les encours réels convergent vers les encours cible avec une certaine cadence. Pour cela, il spécifie cette fois l'équation suivante :

$$\text{Log } D_k = \text{Log } D_{k-1} + \lambda (\text{Log } D_k^* - \text{Log } D_{k-1})$$

Où  $\lambda$  est la vitesse d'ajustement des encours vers les encours cibles. C'est-à-dire que les encours actuels dépendent en moyenne des encours de la période précédente en plus d'une proportion  $\lambda$  de la différence entre ceux-ci et les encours cibles de la période actuelle. Dans le cas parfait, les encours cible serait exactement les encours atteints, et donc le paramètre  $\lambda$  serait égale à 1.

Pour avoir finalement le modèle :

$$\text{Log } D_k = (1 - \lambda) \text{Log } D_{k-1} + \lambda \alpha_2 \text{Log } R_k + \lambda \alpha_3 \text{Log } Y_k + \lambda \alpha_1$$

- **Prise en compte des effets saisonniers**

Selvaggio a travaillé, comme nous l'avons fait, sur des données mensuelles. L'équation qu'il a estimée est :

$$\text{Log } D_k = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log } D_{k-1} + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 t_k + \sum_{i=4..15} \alpha_i \text{month}_{i-2}$$

Où  $\text{month}_{i-2}$  est une variable test qui permet de prendre en compte la saisonnalité des dépôts à vue. C'est-à-dire que la valeur de celle-ci prend la valeur 1 si le mois en question de la valeur des dépôts à vue expliquée est le  $i-2^{\text{ème}}$  mois de l'année, et prend la valeur 0 dans le cas contraire. Nous aurons donc 12 vecteurs correspondants à 12 paramètres qui sont les constantes associées à chaque mois pour le modèle. Le comportement particulier de chaque mois de l'année sera capté et pris en considération dans une constante ( $\beta_i, i=3..14$ ) propre à chaque mois.

Remarquons aussi que la spécification de  $\log Y_k$  a pris la forme d'une tendance linéaire du temps. Cela est justifié par le fait que les agrégats que devrait représenter  $Y_k$  sont eux même fonction linéaire du temps.

Le modèle de Selvaggio pour des données désaisonnalisées s'écrira donc :

$$\text{Log } D_k - \log D_{k-1} = \alpha_1 + \alpha_2 t_k + \alpha_3 \log D_{k-1} + \alpha_4 \log R_k$$

De même Selvaggio a défini dans la logique de son modèle comme étant la vitesse d'ajustement des encours vers les encours cible, c'est-à-dire les encours qui devraient normalement être atteints étant donnés le taux d'intérêt et le niveau des variables macroéconomiques qui devraient influencer l'encours des dépôts à vue. Ces dernières peuvent être le taux de croissance du PIB, de la masse monétaire, ou autres.

## 2.5 CONVENTIONS D'ÉCOULEMENT POUR LES DEPOTS A VUE

La fonction d'écoulement en liquidité de la production donne la probabilité qu'un Dirhams de production nouvelle, entrant à une date  $t$  dans le bilan (à l'actif ou au passif), soit encore présent dans ce même bilan à une date ultérieure  $T$ . [3]. Il s'agit donc d'un Dirham qui entre dans le bilan en  $t$  (production nouvelle) et non d'un Dirham présent à la date  $t$  (encours). On se laisse ainsi la possibilité de considérer qu'un Dirham de production nouvelle ne se comporte pas comme un Dirham déjà en stock. En pratique, la fonction d'écoulement définit la convention en liquidité du produit, une des tâches élémentaires de la direction financière d'une banque est d'établir (plus exactement d'estimer) pour chaque ligne du bilan une convention en liquidité.

Si on note  $PN(t)$  la production nouvelle apparue à la date  $t$ ,  $PN(t; T)$  le montant de cette production encore présent à la date  $T$ , alors on définit la fonction d'écoulement de la production nouvelle par la relation suivante:

$$PN(t, T) = PN(t) \cdot S(t, T)$$

Cette fonction d'écoulement, qui définit la convention en liquidité, a les propriétés suivantes :

- $S(t; t) = 1$  : Un dirham entrant dans le bilan à la date  $t$  se trouve toujours dans le bilan à la date  $t$ .
- $S(t; +\infty) = 0$  : La production disparaît tôt ou tard du bilan. Cette propriété suppose de définir une date limite de sortie du bilan, y compris pour la partie stable des dépôts de la clientèle (core deposits) et pour les fonds propres.

En effet, certains produits (produit échéancé / non échéancé) peuvent avoir un écoulement contractuel, c'est à dire que le montant projeté tel qu'il apparaît dans le contrat signé entre la banque et le client. L'écoulement effectif peut être différent car le client ou sa banque peuvent avoir certains droits et d'options conduisant à modifier l'écoulement, par ex. : option de remboursement anticipé.

Le contrat peut ne rien indiquer sur la durée de l'écoulement, on parle alors de produits non échéancés, notamment les produits de passif tels que les dépôts (non maturity deposits) : le contrat d'ouverture d'un compte de dépôt à vue dans une banque ne spécifie pas la durée pendant laquelle les fonds doivent être présents, puisque, par définition, ces fonds peuvent être retirés à tout moment [8].

Par ailleurs on peut définir une fonction d'écoulement ainsi par l'intermédiaire de la vitesse ou taux d'écoulement. Ce concept ne contient ni plus ni moins d'informations que la fonction d'écoulement  $S(., .)$ , il s'agit du pourcentage de l'encours en vie qui s'écoule par unité de temps. Formellement, ce taux d'écoulement est égal à :

$$\lambda(t, T) = \frac{S(t, T) - S(t, T+1)}{S(t, T)},$$

Qui s'interprète de la façon suivante :

- en  $t$ , la production nouvelle  $PN(t)$  apparaît dans le bilan ;
- en  $T$ , il reste  $PN(t, T) = PN(t) \times S(t, T)$
- en  $T+1$ , il reste  $PN(t, T+1) = PN(t) \times S(t, T+1)$ . La vitesse d'écoulement correspond au rapport entre la part marginale qui disparaît du bilan entre  $T$  et  $T+1$ , soit  $PN(t, T+1)$ , et l'encours en vie en  $T$ ,  $PN(t, T)$ . ainsi, par exemple, si le taux d'écoulement annuel est de 10 %, ceci signifie qu'une strate de production s'évapore à un rythme de 10 % par an [3].

### • Ecoulement du stock (encours) :

Si on traduit l'idée selon laquelle l'encours (stock) inscrit au bilan est l'accumulation de la partie non écoulée des strates de productions nouvelles passées, alors il est aisé d'écrire :

**$B(t)$  = encours inscrit au bilan à la date  $t$**

**= somme des PN passées \* fonction d'écoulement de la PN.**

Soit, mathématiquement :

$$B(t, T) = \int_{-\infty}^t PN(s) \cdot S(s, T) ds$$

Le concept d'écoulement du stock vise à décrire comment les  $B(t)$  dirhams présents aujourd'hui au bilan vont disparaître (par écoulement), sous l'hypothèse que les productions nouvelles futures sont nulles. Il s'agit évidemment d'une abstraction qui répond à une logique de gestion du risque : si la banque arrête son activité, en combien de temps et de quelle façon le bilan de cette banque disparaît. Par « arrêt d'activité », on signifie exactement que les productions nouvelles futures sont nulles (pas de nouveaux clients, pas de nouveaux crédits à la clientèle, etc.) et l'écoulement du bilan correspond donc à l'évaporation naturelle (attrition de la clientèle, remboursement par les clients de leurs crédits, remboursement des emprunts émis par la banque, etc.). On parle aussi d'une vision en « mort de bilan » [3], [9].

La projection du stock (sous l'hypothèse de production nouvelle future nulle) sera notée  $B(t, T)$  et définit par :

**$B(t, T)$  = encours inscrit au bilan à la date  $T$ , vu de la date  $t$**   
**= somme des PN passées jusqu'en  $t$  \* fonction d'écoulement de la PN.**

Soit formellement :

$$B(t, T) = \int_{-\infty}^t PN(s) \cdot S(s, T) ds$$

On définit alors la fonction d'écoulement du stock de la même façon que pour la production, comme le pourcentage de l'encours encore présent dans le bilan aux dates futures.

$$B(t, T) = B(t) \cdot S_{stock}(t, T)$$

Soit :

$$S_{stock}(t, T) = \frac{\int_{-\infty}^t PN(s) \cdot S(s, T) ds}{\int_{-\infty}^t PN(s) \cdot S(s, t) ds}$$

La fonction d'écoulement d'une strate de production,  $S(\cdot, \cdot)$ , représente les caractéristiques contractuelles du produit et le comportement des clients alors que la fonction d'écoulement du stock,  $S_{stock}(\cdot, \cdot)$ , mélange plusieurs éléments très différents et nous renseigne surtout sur le temps d'écoulement d'une strate d'encours en moyenne [3].

- **L'écoulement de la production nouvelle :**

Pour avoir, à chaque résultat annuel, une bonne photographie du bilan, il faut que celui-ci contienne toute l'information pour chaque ligne de bilan considéré. Or, certaines ne sont pas échancées (échéance contractuelle) comme les encours à vue créditeurs et débiteurs ; des conventions d'écoulement des lignes de bilan sans échéance sont alors établies, elles permettent de traduire une réalité de renouvellement automatique des encours ou de leur évaporation, elles donnent aussi la possibilité de simuler l'évolution du bilan. Selon les postes, les conventions sont déterminées à partir d'analyses statistiques ou bien à partir de critères externes prudeniels [4], [10].

Ces postes de bilan, de part leur complexité (certains impliquent des options cachées, d'autres ont des taux non référencés), nécessitent une analyse préliminaire à leur insertion dans le bilan : épargne-logement, fonds propres, immobilisations d'exploitation, immobilisation de placement et de participation et ils représentent des montants à financer ou à placer et donc ils sont générateurs de risque de taux.

### 3 APPLICATION DU MODELE DE SELVAGGIO POUR LES DEPOTS A VUE

#### 3.1 DESCRIPTION DES DONNEES

L'étude que nous nous proposons de faire est une modélisation des dépôts à vue de la clientèle « entreprises » de la banque<sup>5</sup>. Les données sur lesquelles nous avons travaillé sont issues des états de synthèse « bilan » de cette même banque et qui concernent l'encours mensuel des dépôts à vue de la clientèle « entreprises » puisque leur évolution dépend du comportement de la clientèle qui peut être financier, économique ou saisonnier. Une fois choisi, le modèle permettra d'établir un seuil de stabilité des dépôts à vue qui constitue la part de ceux-ci dont la banque disposera pour ses divers emplois et sans grand risque d'exigibilité.

Dans cette catégorie, nous n'avons pas fait de distinctions entre les différents types d'entreprises. Elle englobe :

- Les entreprises publiques et privées
- Les entreprises non financières
- Les institutions financières

Le fait de traiter les entreprises comme élément à part des encours totaux de dépôts à vue de la banque, donc sans agréger les entreprises et les particuliers dans une seule catégorie, est a priori assez important. En effet, nous supposons que le comportement des entreprises pourrait être différent de celui des particuliers à l'égard des opportunités de placement. Les entreprises ont généralement une gestion active de leur trésorerie. Les surplus de liquidité peuvent faire l'objet soit de dépôts sur comptes à vue (gardant ainsi un degré maximal de liquidité) soit de placements plus rémunérateurs (obligations, actions, comptes à terme...) mais moins liquide.

Le comportement des entreprises, ayant des objectifs de profits aussi bien sur leurs activités par nature que leurs activités sur le plan financier, devrait être plus sensible aux mouvements des taux d'intérêt, par exemple.

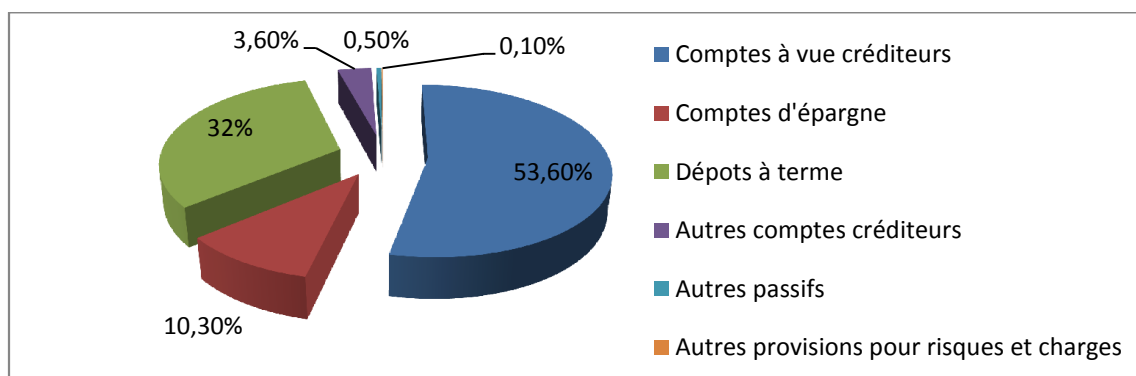


Fig 1: Exemple de répartition de la classe « dépôts de la clientèle » du cas étudié entre les différents postes

D'après la figure 1, nous constatons que les comptes à vue constituent plus de la moitié des dépôts de la clientèle. Cela veut dire qu'ils sont pour près de 53,6 % du passif de la banque. Ils sont ensuite suivis par les dépôts à terme (32% des dépôts de la clientèle rémunérés), des comptes d'épargne (10,3%) et enfin des autres types de dépôts qui gardent près de 4,2% de l'ensemble du volume de dépôts clientèle.

#### 3.2 ESTIMATION DES PARAMETRES DU MODELE

Le modèle de Selvaggio, comme nous l'avons expliqué préalablement, propose d'expliquer la variation des encours de dépôts à vue des banques commerciales par une tendance linéaire du temps, les encours à la date précédente (c'est-à-dire l'encours retardé) et le taux d'intérêt. Toutes ces variables, sauf le temps, sont considérées après une transformation

<sup>5</sup> Pour des raisons de confidentialité, le nom de la banque est gardé anonyme

logarithmique. Cela nous permettra d'avoir des paramètres qui devraient être interprétés en termes de variations relatives des variables explicatives par rapport à la variable dépendante.

Donc en termes d'interprétation, les paramètres représenteront les variations en pourcentage de la variable expliquée engendré par l'augmentation de 1% de la variable explicatrice, toute chose étant égale par ailleurs.

Le modèle de Selvaggio dont nous estimons les paramètres ici prend la forme suivante :

$$\text{Log } Dk - \log Dk-1 = \alpha_1 + \alpha_2 tk + \alpha_3 \log Dk-1 + \alpha_4 \log Rk$$

Pour l'estimation empirique, nous avons recouru au logiciel E-Views où les variables du modèle ont été introduites. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

	Coefficient d'ajustement R <sup>2</sup> (%)	Estimation des paramètres	Significativité des paramètres	Analyse des résidus	Erreur des prévisions	AIC
<b>Selvaggio</b>	22,28	$\alpha_1 = 11.1272$ $\alpha_2 = 0.46370$ $\alpha_3 = -0.072117$ $\alpha_4 = 0.002377$	le paramètre du taux de marché est non significatif	-Présence d'homoscédasticité - Les résidus sont indépendants,	2,77E+15	-1,95

$$\text{Log}(Dt) = 11.1272 + 0.4637 \times \log (Dt-1) + 0.0023 \times t$$

D'après cette formulation du modèle, le paramètre  $\lambda$  que Selvaggio a défini dans la logique de son modèle comme étant la vitesse d'ajustement des encours vers les encours cible : C'est-à-dire les encours qui devraient normalement être atteints étant donné le taux d'intérêt et le niveau des variables macroéconomiques qui devraient influencer l'encours des dépôts à vue. Ces dernières peuvent être le taux de croissance du PIB, de la masse monétaire, ou autres.

Comme nous l'avons vu lors de la présentation du modèle de Selvaggio, ces variables ont été remplacées par une tendance linéaire du temps. La raison de ce remplacement vient du fait que l'on suppose que ces variables sont aussi fonction linéaire du temps, et que l'objectif étant pour nous de faire uniquement des prévisions, nous n'aurons pas besoin de discerner entre l'impact de chacune d'elles sur les encours mais plutôt d'extraire leur effets via le facteur temps. Le paramètre qui lui est associé agrègera leurs influences. Mais il aurait peut-être été plus intéressant de discerner entre les influences de chacune d'elles. Cela requiert des données qui ne sont pas disponibles, du moins à une périodicité mensuelle.

Le taux d'intérêt qui semblait, a priori, le plus important pour l'explication de l'évolution des encours des dépôts à vue est, contrairement aux attentes, non significatif. Même une interprétation en termes de signe du paramètre révèle que la logique qui devrait être sous-jacente au comportement des encours des dépôts à vue est non vérifiée. Le paramètre associé au taux d'intérêt est positif, ce qui est assez paradoxal puisque cette variable en tant que facteur explicatif de l'encours des dépôts était introduit dans la logique suivante: La variation des encours de taux d'intérêt devrait être négativement impactée par un accroissement du taux d'intérêt vu que les entreprises profitent de la hausse des taux d'intérêts en plaçant une partie de leurs comptes à vue sur des comptes rémunérés ou d'autres produits indexés sur les taux d'intérêts de court terme. La gestion de trésorerie des entreprises se devait d'être assez rationnelle et profitant des opportunités de placement. Cela dit, que le taux d'intérêt non significatif dans l'explication de la variation des encours est prioritaire à l'interprétation du signe du paramètre.

### 3.3 PROPOSITION DE CONVENTIONS D'ÉCOULEMENT POUR LES DÉPÔTS À VUE

L'encours des comptes nécessite une modélisation plus raffinée. Le solde d'un compte résulte des flux créditeurs et des flux débiteurs : il s'agit donc d'une variable de stock et ce type de variable n'est pas toujours préjudiciable. En outre, le solde d'un compte est également le fruit d'un raisonnement économique de la part du titulaire du compte.

- **Détermination des parties stables et volatiles des DAV**

En effet, et afin de pouvoir séparer la partie stable et volatile du stock bancaire des DAV, on calcule le coefficient de variation de la série des encours sur la période entre janvier 2006 et juin 2013 défini comme suit :

$$CV = \frac{\sigma D}{\bar{D}}$$

Où  $\sigma D$  : L'écart type des encours.

$\bar{D}$  : La moyenne des encours des dépôts à vue

On définit ainsi, la partie stable des encours par la relation suivante :

$$PS = (1 - CV) * D$$

Et la partie volatile des dépôts sera donc :

$$PS = CV * D$$

La mise en application des deux relations pour les données de la banque étudiée sur la période entre janvier 2006 et juin 2013 donne les résultats ci-dessous :

**Tableau 1. Répartition de la partie stable et la partie volatile des DAV de la banque étudiée**

	Encours juin 2013 (en MAD)	Moyenne des encours janvier 2006-Juin 2013	Partie Stable		Partie Volatile	
			Encours	%	Encours	%
<b>Entreprises</b>	901 335 663,00	873 920 242,16	698 762 762,68	78%	202 572 900,32	22%

L'analyse des résultats du tableau montre que la partie stable représente 78 %, le reste soit 22 % volatile se justifie par des retraits imprévisibles des entreprises.

• **Ecoulement de la totalité du stock**

Pour ce type d'écoulement on considère que le stock de la banque s'écoule totalement à une date T, ainsi on va écouler les deux parties stables et volatiles des DAV.

Le taux d'écoulement correspond au taux de sortie du bilan à instant donnée, il est donc défini comme

$$\lambda(t, T) = \frac{-\partial \ln S(t, T)}{\partial T} = \lambda(T)$$

De ce fait la fonction d'écoulement

$$\Rightarrow S(t, T) = \exp\left(-\int_t^T \lambda(t, u) du\right)$$

En résumé, spécifier un modèle d'écoulement consiste donc à définir une forme fonctionnelle pour la fonction d'écoulement S ou de façon équivalente, le taux d'écoulement  $\lambda$  déjà déterminé dans l'équation de Selvaggio, ainsi on définit pour ce type d'écoulement une fonction de la forme :

$$\Rightarrow S(t, T) = \exp(-\lambda(T - t))$$

• **Ecoulement de la partie volatile des DAV**

L'encours des DAV s'écrit donc :

$$D_t = \int_{-\infty}^t PN(s) \exp\left(-\int_s^t \lambda(u) du\right) ds$$

Soit une dynamique :

$$dD_t = [PN(t) - \lambda(t)D(t)]dt$$

Qui s’interprète de la façon suivante : les variations d’encours sont égales aux flux créditeurs (la production nouvelle) moins les flux débiteurs, exprimés comme un pourcentage de l’encours disponible.

Pour simplifier, on considère le taux de sortie constant,  $\lambda(t) = \lambda$  et les flux créditeurs comme une constante PN. En intégrant l’équation précédente, on obtient :

$$D_t = D^* + [D_t - D^*] \exp(-\lambda(T-t))$$

Qui s’interprète en disant que le client vise un niveau d’encaisse « normal » égal à  $D^* = \frac{PN}{\lambda}$  et modifie son profil de dépenses dès qu’il s’écarte de cette cible.

Nous représentons dans cette ce qui suit l’écoulement des encours par :

$$\log D_k = \lambda \log D^* + (1 - \lambda) \log D_{k-1} + \alpha_2 (R_k - i_k) + \alpha_3 t_k + \sigma \varepsilon_t$$

Rappelons l’estimation de notre modèle :

$$\text{Log (Dt)} = 11.1272 + 0.4637 \times \log (Dt-1) + 0.0023 \times t$$

$$\lambda \log D^* = 11.1272 \quad \text{et} \quad 1 - \lambda = 0.4637$$

De même, on va trouver les résultats suivants :

$$\lambda = 53,63 \% \quad D^* = 1\,025\,133\,573$$

**Tableau 2. Identification de la partie stable & volatile des DAV**

Date (en mois)	Écoulement de DAV			
.0	1247543059	100%		
.1	1155222753	7,40%	18,83%	Volatile
.3	1069639404	7,41%		
.6	1034039529	3,33%		
.9	1026915723	0,69%		
.12	1025490195	0,14%	81,17%	Stable
.24	1025134145	0,03%		
.36	1025133574	0,00%		
.48	1025133573	0,00%		
.60	1025133573	0,00%		
.72	1025133573	0,00%		
.120	1025133573	0,00%		
.180	1025133573	0,00%		
.240	1025133573	0,00%		

Ce tableau permet à la banque de savoir la somme qu’elle peut prêter sans risque de transformation dans ce sens l’examen des résultats fournis nous permet de dire pour une échéance de 6 mois par exemple la banque peut prêter 96.66% de son stock de dépôts à vue à ses meilleurs clients pour octroyer les crédits sollicités (96% dépôts peuvent être transformés en crédits sur une durée de 6 mois).

#### 4 CONCLUSION

Nous en déduisons que l’encours des dépôts à vue des entreprises chez la banque commerciale est significativement insensible aux taux d’intérêt. L’hypothèse que nous avons émis sur la rationalité dans la gestion des actifs des entreprises, et donc leurs dépôts à vue chez la banque entre autres, serait à rejeter d’après les résultats des estimations pour ce modèle.

Cependant, nous restons très prudents à l’égard de ces interprétations puisque la qualité d’ajustement du modèle (perçue à travers le R<sup>2</sup>) est assez faible. Des études plus approfondies sur le sujet devraient être menée pour justifier cet aspect.

- La typologie de clientèle « entreprises » chez la banque commerciale. Certaines entreprises (les PME et PMI) pourraient ne pas avoir une vision opportuniste pour leur argent. Les comptes à vue dont elles disposent ne présentent qu'un moyen de paiement à vue pour leurs opérations courantes. Pour y voir plus clair, une étude pourrait être faite sur la base de données plus détaillées sur les entreprises. Une classification de celle-ci pourrait identifier celles qui seraient effectivement sensible à des opportunités de placement, que ce soit sur des comptes à terme, obligations, des placements en bourse...
- Le modèle qui ne prend pas en considération les interactions entre les comptes à vue (non rémunérés) et les comptes à terme. Il peut en effet s'avérer que le volume de dépôts à vue aurait pu être plus importants si les entreprises ne faisaient pas de placements à terme. Cette hypothèse, bien que très importante, reste néanmoins à vérifier grâce à des études plus pointues qui auraient pour base une vision de l'ensemble d'établissements bancaires et de l'ensemble des produits qu'ils proposent.

## **RÉFÉRENCES**

- [1] BERRADA, Mohamed Azzeddine, « Techniques de banque, de crédit et de commerce extérieur au Maroc » -Ed. Secea, 2007.
- [2] Dubernet, Michel. Gestion actif-passif et tarification des services bancaires - Paris : Economica, 1997. - 310 p.
- [3] Paul Demey , Antoine Frachot , Gaël Riboulet. Introduction à la gestion actif-passif bancaire/ Economica 2003,156 p.
- [4] Dupré Denis, Mohamed El Babsiri. ALM : techniques pour la gestion actif passif Paris : Eska, 1997. - 174 p.
- [5] Adam Alexander. Handbook of Asset and Liability Management: From Models to Optimal Return, 2007 -576p.
- [6] Bessis, Joël. Risk Management in Banking, 2010
- [7] Grebeck, M. and S. Rachev. Stochastic Programming Methods in Asset-Liability Management." Investment Management and Financial Innovations 1, 2005 : -82-90p
- [8] M. Cyrille. Comparaison des modèles de dépôts à vue, Centre d'Etude et Recherche Appliquées à la Gestion des risques bancaires. Université Pierre Mendès-France, Grenoble, 2005.
- [9] Michel Piermay, Pierre Mathoulin, Arnaud Cohen. La gestion actif-passif d'une compagnie d'assurance ou d'un investisseur institutionnel. Paris : Economica, 2002. 111 p.
- [11] Dupré Denis. La modélisation des dépôts à vue, Banque et Marché, pp 24 :29-34, 1999.

## The impact of leguminous culture system and sowing dates on the cereal yield in mountainous South-Kivu: Case of Burhale

Clérisse M. Casinga<sup>1</sup>, Legrand T. Cirimwami<sup>2</sup>, Espoir B. Bisimwa<sup>1</sup>, and Gustave N. Mushagalusa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des sciences agronomiques et environnement,  
Université Evangélique en Afrique, Bukavu, South Kivu, DR Congo

<sup>2</sup>Faculté de Sciences, Université du Cinquantenaire, Lwiro, South Kivu, DR 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:** Despite their potential yield, the adoption of climbing beans in mountainous South Kivu is limited by the lack of technologies. Thus, appropriate technologies corresponding to poor farmer incomes should be adapted in terms of labour, soil and investment in capital so that intercropping would replace stakes and allow a better soil cover. This study was carried out at Burhale during two cultural seasons A2011 and A2012 in four sites comprising 9 trials each. The varieties used were: maize, soya-bean and beans. NPK and manure were also used. The MOJA was applied in 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> trials and the MBILI in 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> ones. Monoculture was practiced in 6<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> trials. Beans were sown 10 to 15 days after maize in 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> trials. In 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> trials this happened 20 to 30 days after maize. Soya-beans were sown simultaneously with maize in the 5<sup>th</sup> MBILI trial and in the 8<sup>th</sup> monoculture trial. Maize was sown on the experiment launching day. Leguminous plant yield was inferior (259.26; 271.88; 0 and 0 kg.ha<sup>-1</sup> respectively for 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> trials) to that of monoculture (2711.11 and 1100.18kg.ha<sup>-1</sup> respectively for 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> trials). Maize yield was inferior (7564.4; 5397; 10279.61 and 842.91kg.ha<sup>-1</sup> respectively for 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> trials) to that of the 9<sup>th</sup> monoculture trial (7957.4kg.ha<sup>-1</sup>). Good LERs of 1.01 and 1.25 were found for 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup>; they were bad (0.76; 0.92 and 0.69) for 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> trials.

**KEYWORDS:** Land Equivalent Ratio, MOJA system, MBILI system, maize, climbing beans, Soya-beans.

### 1 INTRODUCTION

Agricultural development is facing several constraints such as limitation of soil, water and inputs coupled with continuous growth population and the lack of a structured market, resulting in reduced production per capita. In addition, the farmers are frequently following easy and old practices such as the relay sowing of crops, exhausting more land area, water and inputs [10]. Furthermore, this practice is commonly used for the principal crops which occupied most of the available old land area while other crops, of secondary importance, are restricted to small areas [6]. An alternative procedure to mitigate the effect of these constraints and to increase the acreage and production of such secondary crops is to intercrop them particularly in the newly reclaimed soils [22]. Intercropping is practiced in many parts of the world [4]. It is traditionally a low input agricultural system and an important characteristic of many developing countries [2]. As one of the multiple cropping systems, intercropping has been practiced by farmers for many years in various ways and most areas, and has played a very important role in agriculture [5]. It can provide yield advantages compared to sole cropping [2].

Most studies on intercropping have focused on the legume-cereal intercropping like a productive and sustainable system, its resource utilization (water, light, space) into the cropping system and reduction of negative impacts on the environment [5], [29]. In recent years attention has focused on the diversified agricultural production systems for maximizing utilization of resources as compared to the monoculture cropping systems [18]. Combinations of a cereal with a grain legume are probably the commonest of all intercropping systems, and at least in Africa and Asia, the farmer's yield objectives tend to follow a similar theme [25]. Several research works indicated the particular importance of plant density and planting pattern upon

intercrop viability. Many studies have shown that intercrop components might utilize different edaphic and climatic growth resources more efficiently, potentially supporting a great number of plants which may result in more optimum plant density than those of monoculture [6], [9], [27], [31].

Compared with corresponding monoculture, yield advantages have been recorded in many intercropping systems, including maize/soya-bean [20], [33], maize/faba bean [18], maize/beans [8], [9], [12]. The improved use of resources results in greater total intercrop yields as compared to monoculture of the same species grown on the same area [11]. This is due to differences in competitive ability for growth factor between intercrop attributes in time and space and improvement of soil fertility through the addition of nitrogen (N) by biological N fixation and excretion from the legume attributes [34]. Intercropping is also expected to reduce risk of a single crop failure due to pest and disease incidence and increase food security [15], [19]. More species diversity in agricultural ecosystems can limit the plant pathogenic spread. Intercropping systems increase biodiversity like the natural ecosystems. This increase in diversity reduces pest damage and diseases [14], [16], [17].

The main disadvantages of intercropping systems may comprise planting, managing, fertilization; weed control, pest control and harvesting for both crops as it is normally done manually by small-scale farmers [21].

The aim objective of this trial is to investigate whether climbing beans can be associated with maize grown using maize stalks as tutors. Specifically, this study evaluates the effects of climbing bean sowing over maize, and those of culture system (MBILI system, i.e. two legume plants between two maize rows, and MOJA system or one legume plant line between two lines of maize). A maize/soya-bean intercropping system was included as reference, and monocultures of each culture were included to calculate Land Equivalent Ratio.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 LOCATION

The trials were installed in the associative fields of Burhale villages, in Walungu Territory, Eastern DR Congo. Associative fields met the following characteristics: fertility, homogeneity, shared location on a slight slope and suitability for the growth of maize. Names and geographical coordinates of the four associations that housed our trials are: AJC: 02.69504°S, 028.6503°E, 1720m Alt; BOLOLOKE: 02.69851°S, 028.64612°E, 1678 m Alt; JEVODELU: 02.68572°S, 028.63807°E, 1662m Alt; RUCIHANGANE: 02.69030°S, 028.64880°E, 1662m Alt.

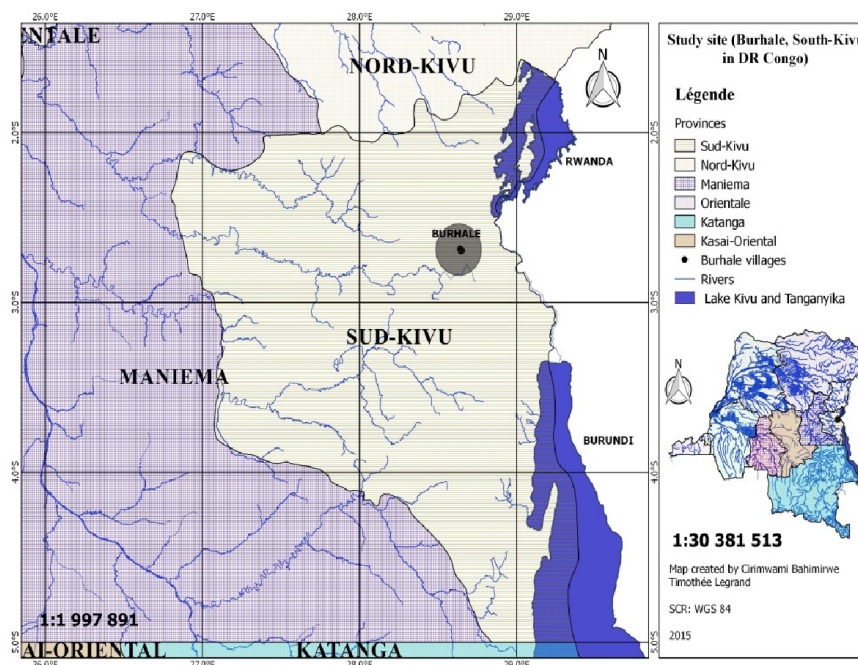


Figure 1. Study site in Burhale, South-Kivu, DR Congo

The experimental site is located in humid tropical climate tempered by altitude. According to the Kopen classification, it belongs to the climate type AW3. Field trials were conducted in September 2010 to January 2011 and in September 2011 to January 2012 with mean annual precipitation of 134.9 mm and annual mean average temperature of 20 C.

## 2.2 EXPERIMENTAL LAYOUT

Seedbed preparation included plugging, harrowing with rake and cultivation. The experimental design for this study was a Latin square randomized complete block design with 4 blocks each with 9 treatments with four replicates. Within each block, plots were separated by 0.5 m distance and the total area required for a block was 375.25 m<sup>2</sup> or (19m x 19.75m).

**Table 1.** The treatment structure of the experimental design showing their specificities

Treatments	Legume species	Legume sowing date	Culture system	Spacing (cm�cm)		Plot size
				Legumes	Maize	
T <sub>1</sub>	Climbing beans	10-15 Da	Intercropping 1 :1 (MOJA)	75x15	75x25	36m <sup>2</sup>
T <sub>2</sub>	Climbing beans	10-15 Da	Intercropping 2 :2 (MBILI)	33x15	75x25	40.5m <sup>2</sup>
T <sub>3</sub>	Climbing beans	20-30 Da	Intercropping 1 :1(MOJA)	75x15	75x25	36m <sup>2</sup>
T <sub>4</sub>	Climbing beans	20-30 Da	Intercropping 2 :2 (MBILI)	33x15	75x25	40.5m <sup>2</sup>
T <sub>5</sub>	Soya bean	Ss	Intercropping 2 :2 (MBILI)	33x15	50/100x25	40.5m <sup>2</sup>
T <sub>6</sub>	Climbing beans	10-15 Da	Climbing beans Monoculture	75x15	-----	30m <sup>2</sup>
T <sub>7</sub>	Climbing beans	20-30 Da	Climbing beans Monoculture	75x15	-----	30m <sup>2</sup>
T <sub>8</sub>	Soya bean	Ss	Monoculture Soybean	75x5	-----	36m <sup>2</sup>
T <sub>9</sub>	-----	-----	Monoculture maize	75x25	-----	36m <sup>2</sup>

Da: Days after maize; Ss: Simultaneous sowing; cm: centimeter, and m<sup>2</sup>: square meter

## 2.3 SEED GENOTYPES AND FERTILIZERS

The plant materials used are maize (WH 403), Soya-bean (SB 19) and the climbing bean (AND 10). Seeds of crops were sown by hand: During both experimental periods, seedlings have taken on different dates as recorded in the structural array of treatments. Initially 2 seeds were sown per hole. Indeed, maize and soya-beans were planted in time, i.e. on September 25 at AJC, on September 26 at BOLOLOKE and RHUCHIANGANE and on September 29 at JEVODELU. Intercropping climbing beans, however, were planted in AJC associative fields 10 to 15 days after maize in treatments 1, 2 and 6 or 9 in October, whereas in other monocultures, they were planted 20 to 30 days after maize (precisely on October 16, 2011 and 2012) in treatments 4 and 7.

After the incorporation of manure in soil, the NPK 17-17-17 fertilizers were applied in a channel parallel to the line of seedling, at a distance of roughly 10 cm, and a depth of roughly 5 cm. These were covered immediately after application with a small amount of soil. In intercropping (treatments 1,2,3,4 and 5) systems, 22.5g of fertilizers were applied in each row, while in monoculture systems (treatments 6, 7, 8 and 9), 45g of fertilizers were applied in each row. During the growth period all plots were weeded manually. No serious incidence of insect or disease was observed and no pesticide or fungicide was applied to either crop.

## 2.4 PLANT SAMPLING AND GROWTH ANALYSIS

At the end of the growth period plants were sampled and harvested in useful plots, and Land Equivalent Ratio (henceforth LER) as well as some yield attributes were recorded.

## 2.5 CALCULATIONS AND STATISTICS

The relative advantage of intercropping compared to sole culture was calculated for each proportion by using LER. The LER was calculated according to:  $LER = (Y_{im}/Y_{sm}) + (Y_{ic}/Y_{sc})$  where  $Y_{im}$  and  $Y_{sm}$  are the yields of intercropped and monoculture maize, and  $Y_{ic}$  and  $Y_{sc}$  are the yield intercropped and monoculture beans, respectively. When LER is more than 1.0, this indicates a positive intercropping advantage which shows that interspecific facilitation is higher than interspecific competition [13]. Conversely, a disadvantage is shown if LER is < 1.0.

## 2.6 STATISTICAL ANALYSES

Data collected were subjected to the analysis of variance. Test of significance of the treatment difference was done on a basis of a *t*-test.

## 3 RESULTS

### 3.1 YIELD COMPARATIVE ANALOGY OF CLIMBING BEANS

Intercropping 1 and 2 has been compared to monoculture 6 where the climbing bean was sowed 10 to 15 days after the seedling of the maize; associations of cultures 3 and 4 have been compared to monoculture 7 where the climbing bean was sowed 20 to 30 days after the seedling of the maize.

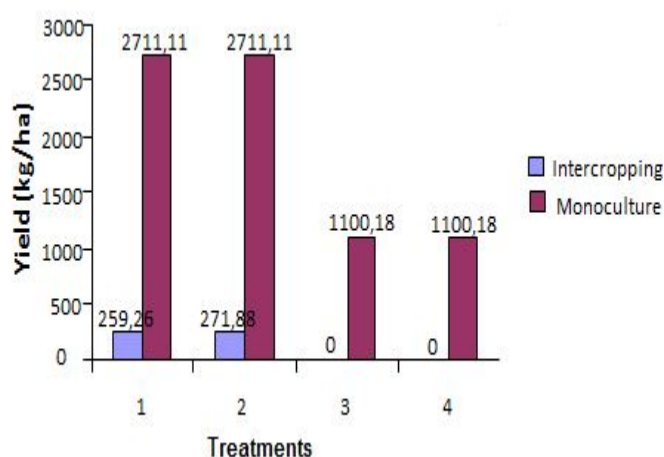


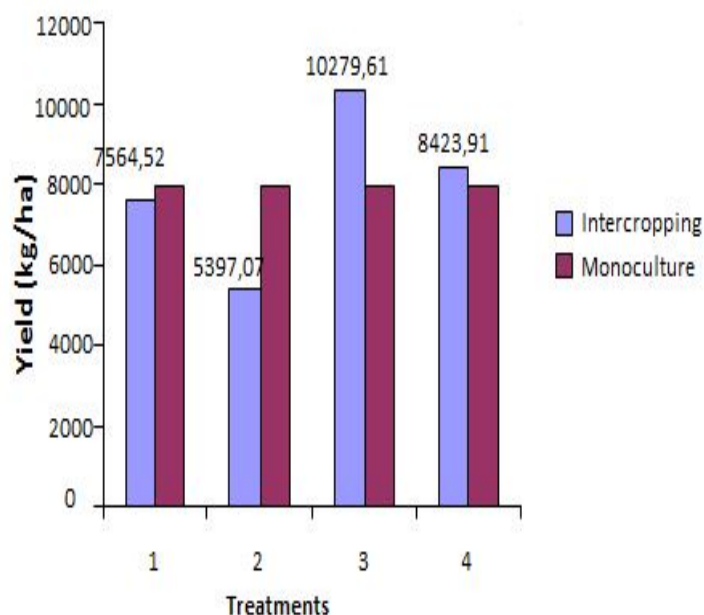
Fig. 2. Climbing beans yield in culture systems

- Climbing beans sowed in MOJA system 10 to 15 days after maize and with the use of maize feet as guardians gave good middle yield in the order of 295.26kg.ha<sup>-1</sup>, whereas when they were sowed 20 to 30 days after maize, they didn't yield anything on account of a rain of hail that poured down during the blooming period.
- Also, in MBILI system, climbing beans sowed 10 to 15 days after maize and with the use of maize feet as guardians gave good outputs of the order of 271.88 kg.ha<sup>-1</sup>, whereas those sowed 20 to 30 days after maize produced nothing due to excessive rains and hail that marked the blooming period.

In the end, having used wood guardians instead of maize feet in the MOJA system monoculture, the climbing beans sowed 10 to 15 days after maize gave yield far more abundant than the double of the produce from the seedling sowed 20 to 30 days after maize: the yield of the former is in the order of 2711kg.ha<sup>-1</sup> while that of the latter is in the order of 1100kg.ha<sup>-1</sup>. The reason for this poor harvest is the excessive rainfall that thwarts plant germination and growth as well as flowering and the replenishment of pods.

### 3.2 YIELD COMPARATIVE ANALOGY OF MAIZE

Intercropping maize treatments 1, 2, 3 and 4 have been compared to the monoculture maize treatment 9.



**Fig. 1. Maize yield in culture systems**

Maize intercropped with climbing beans in the MOJA system, where the latter are sowed 10 to 15 days after the former, gave lower outputs in the order of  $7564.5\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , contrarily to the monoculture in which maize yielded  $7957.4\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

However, maize intercropped with climbing beans in the MOJA system, where the latter were sowed 20 to 30 days after the former, gave yields of  $10279.6\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  which are far superior to the monoculture yields ( $7957.4\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) following the different periods of seedling and density of cultures. Indeed, maize seedlings, planted 10 to 15 days earlier than climbing bean ones and which are not yet well developed enough to serve as supports, suffer from the competition (with climbing bean seedlings) for nutrients and environmental resources. The reason is that climbing bean seedlings, which use them as guardians, choke them and weaken their productive capacity.

As far as sowing dates are concerned, climbing bean seedlings sowed 20 to 30 days after maize best encourage good growth and best express their vigour while exploiting environmental resources rationally. Moreover, maize intercropped with climbing beans in the MBILI system, where the former were sowed 10 to 15 days after the former, gave yields in the order of  $5397\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  which are inferior to those of the monoculture ( $7957\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). This output reduction is the consequence of the competition that occurs between maize and climbing beans as the former is used as guardians and choked by the latter.

### 3.3 COMPETITION RELATIONS

**Table 2. Land Equivalent Ratios**

Treatments	Species	Culture system	LER Values
T <sub>1</sub>	Climbing beans + Maize	Intercropping 1 :1 (MOJA)	1.01
T <sub>2</sub>	Climbing beans + Maize	Intercropping 2 :2 (MBILI)	0.76
T <sub>3</sub>	Climbing beans + Maize	Intercropping 1 :1 (MOJA)	1.25
T <sub>4</sub>	Climbing beans + Maize	Intercropping 2 :2 (MBILI)	0.92
T <sub>5</sub>	Soya-bean + Maize	Intercropping 2 :2 (MBILI)	0.69

So far as climbing bean/maize intercropping goes, this table shows that the MOJA system intercropping offers a better exploitation and cover of soil than the MBILI system intercropping. It also shows that intercropping in the MBILI system (where climbing beans are sowed 10 to 15 days after maize) doesn't allow greater profitability due to a bad cover and exploitation of soil resources. This way, the practice of maize or climbing bean monoculture is more advantageous, because it exploits and covers soil better. However, if absolutely necessary, one can also resort to the climbing bean/maize intercropping, where the former is sowed 20 to 30 days after the latter in the MBILI system, insofar as it is beneficial and allows a good cover and more rational exploitation of soil.

As to soya-bean/maize intercropping, the table reveals that its LER is bad because there is no good cover of soil. This way, maize or soya-bean monoculture is the better option for farmers.

#### **4 DISCUSSION**

[21] showed that the intercropping of cultures results in a yield reduction following a competition of nutrients. [24] found that the MBILI system enables a better exploitation of soil by root system. These studies are in agreement with the results of the present survey that show that, when legumes are planted next to maize rows 10 to 15 days after maize sowing according to the MBILI system, a strong competition between the two cultures ensues and the yield decreases. Delaying the introduction of legumes, on the contrary, delays the beginning of the competition between the two cultures and improves the yield. This is because the principal crops have the ability to exploit different soil layers without competing with each other [29]. There was probably a better use of resources such as light as stated by [23], nutrients [29] and water [30]. A similar result from cereal legume intercrops has been reported by other researchers [1] according to whom intercrop forage yields were greater than either species alone.

The climbing bean in intercropping system for treatments 3 and 4 gave a hopeless result. This is due to the fact that the beans were affected by excessive rains that poured down during germination, which confirms the findings of [3], [26], [7]. These researchers hold that, in case of excessive soil moisture owing to rain, the bean dies from the asphyxia of its roots and its canopy destroys itself.

LER values in intercrops 1 and 3 treatments were higher than 1.0. This shows that land utilization efficiency for maize-climbing beans intercropping was more advantageous than for sole cropping. And it confirms the findings of [32] who attained a LER greater than 1.0 in a climbing bean-maize intercropping system.

#### **5 CONCLUSION**

Research findings on maize/climbing bean and maize/soya-bean intercropping demonstrate that farmers in mountainous South-Kivu can practice maize/climbing bean intercropping in the MOJA system, where the climbing bean is sowed 10 to 15 days after the maize, and in the MBILI system, where the climbing bean is sowed 20 to 30 days after the maize. They also show that farmers can equally have recourse to the maize/soya-bean intercropping in the MBILI system where the two are sowed simultaneously.

#### **REFERENCES**

- [1] A. Ghanbari and H.C. Lee, "Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*.) as whole-crop forage: Effect of harvest time on forage yield and quality", *Grass Forage Sciences*, vol. 1, pp. 28-36, 2003.
- [2] A. J. Y. N. Ayyer, "Principles of Crop Husbandry in India", *Bangalore Press*, pp. 406, 1967.
- [3] A. Ranawake, N. Dahanayaka, U. Amarasingha, W. Rodrigo and U. Rodrigo, "Effect of water stress on growth and yield of mung bean (*vigna radiata*)", *Tropical Agricultural Research and Extension*, vol. 4, no. 14, pp. 4, 2012.
- [4] C.A. Francis, "Variety development for multiple cropping Systems", *Plant Science*, vol. 3, pp. 133-168, 1985.
- [5] E. Jensen, "Grain yield symbiotic N<sub>2</sub> fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops", *Plant and Soil*, vol. 182, pp. 25-38, 1996.
- [6] F. Ofori and W.R. Stern, "Cereal - legume intercropping systems", *Advances in agronomy*, no. 41, pp. 41-86, 1987.
- [7] H. El-Saied, "Effect of water imbalance on growth in *phaseolus vulgaris*", M.Sc. Thesis Univ. Of Ain Shams, Cairo, Egypt, pp. 88, 1998.
- [8] H. Eskandari, "Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiata*): effect of complementarity of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality", *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, vol. 2, pp. 355-360, 2012b.
- [9] H. Eskandari, A. Ghanbari and A. Javanmard, "Intercropping of cereals and legumes for forage production", *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 1, pp. 07-13, 2009a.
- [10] H. Hauggaard-Nielsen, P. Ambus and E.S. Jensen, "Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping" *Field Crops Res*, no. 70, pp. 101-109, 2001.
- [11] H.J. Bohnert, D.E. Nelson and R.G. Jensen, "Adaptations to environmental stresses", *Plant Cell*, vol. 7, pp. 1099-1111, 1995.
- [12] J. Siame, R.W. Willey and S. Morse, "The response of maize/*Phaseolus* intercropping to applied nitrogen on oxisols in northern Zambia", *Field Crops Research*, no. 55, pp. 73-81, 1998.

- [13] J. Vandermeer, "The Ecology of Intercropping", New York, *Cambridge University Press*, pp. 167, 1989.
- [14] J. Watiki, S. Mfukai, J. Banda and B. Keating, "Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as an affected by maize plant-density and cow pea cultivar", *Field Crop Research*, vol. 35, pp. 123-133, 1993.
- [15] J.R. Soria, A. Bazan and J. Fargas, "Investigation of intercropping in pest management in corn-cassava and bean- cassava intercropping", *Experimental Agriculture*, vol. 32, pp. 283-295, 1975.
- [16] K. Fujita, K. Ofosu and S. Ogata, "Biological nitrogen fixation in mixed legume cereal cropping system", *Plant and Soil*, vol. 144, pp. 155-175, 1992.
- [17] L. Anil, J. Park, R.H. Phipps and F.A. Miller, "Temperate intercropping of cereals for forage: review of potential for growth and utilization with particular reference to the UK", *Grass and Forage Science*, vol. 53, pp. 301-317, 1998.
- [18] L. Li, S. Yang, X. Li, F. Zhang and P. Christie, "Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean", *Plant Soil*, vol. 2, no. 212, pp. 105-114, 1999.
- [19] M. Bjorkman, R.J. Hopkins, P.A. Hamback and B. Ramert, "Effects of plant competition and herbivore density on the development of the turnip root fly (*Delia floralis*) in an intercropping system", *Arthropod-Plant Interactions*, vol. 3, pp. 55-62, 2005.
- [20] M. Ghaffarzadeh, F.G. Prechac and R.M. Cruse, "Grain yield response of corn, soybean, and oat grown in A. J. Altern, a strip intercropping system, *Agric*, vol. 9, pp. 171-177, 1994.
- [21] M. Monicah, P. Pypers, D. Mugendi, J. Kung'u, J. Mugwe, R. Merckx and B. Vanlauwe, A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya, *Field crop research*, vol. 115, pp. 132-139, 2010.
- [22] Megawer, A. Ekram, A. Sharaan and A.M. EL-Sherif, "Effect of intercropping patterns on yield and its components of barley, lupin or chickpea grown in newly reclaimed soil", *Egypt. J. of Appl. Sci.*, vol. 9, no. 25, pp. 437-452, 2010.
- [23] N.M. Gustavo, F. Jean, L. Ois and D. Xavier, "Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield". *Environ. Exp. Bot.*, vol. 64, pp. 180-188, 2008.
- [24] P.L. Woomer, M. Langat and J.O. Tungani, "Innovative maize-legume intercropping results in above- and below-ground competitive advantages for under storey legumes", *West African Journal of Applied Ecology*, vol. 6, pp. 85-94, 2004.
- [25] P.N.Z. Mpangane, K.K. Ayisi, M.G. Mishiya and A. Whitbread, "Grain Yield of Maize Grown in Sole and Binary Cultures with Cowpea and Lablab in the Limpopo Province of South Africa, A.M. Whitbread and B.C. Pengelly In Tropical legumes for sustainable farming systems in southern Africa and Australia, *ACIAR*, vol. 115, pp. 106-114, 2004.
- [26] R. Yordanova and L. Popova, "Photosynthetic response of barley plants to soil flooding", *Photosynthetica*, vol. 39, pp. 515-520, 2001.
- [27] R.W. Willey and D.S.O. Osiru, "Studies on mixture of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population", Cambridge, *Journal of Agricultural Science*, vol. 3, no. 29, pp. 517-530, 1972.
- [28] R.W. Willey, "Intercropping: its importance and its research needs, part 2 Agronomic relationships", *Field crop Abstracts*, vol. 32, pp. 73-85, 1979b.
- [29] R.W. Willey, "Intercropping-its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages", *Field Crops Abstracts*, vol. 1, no. 32, pp. 1 – 10, 1979.
- [30] R.W. Willey, "Resource use in intercropping systems", *Agric. Water Manage*, vol. 17, pp. 215-231, 1990.
- [31] R.W. Willey, M. Natarajan, M.S. Reddy and M.R. Rao, "Cropping systems with groundnut resource use and productivity". In: *Agrometeorology of Groundnuts. Proc. Int. Symp.*, ICRIAT Stelian Centre, Patancheru, Andhra Pradesh, India. pp. 21-26, 1986.
- [32] Saban, A. Mehmt and E. Mustafa, "Identification of Advantages of Maize – Legume Intercropping over Solitary Cropping through Competition Indices in the East Mediterranean Region". *Turk. J. Agric*, vol. 32, pp. 111-119, 2007.
- [33] T.D. West and D.R. Griffith, "Effect of strip-intercropping corn and soybean on yield and profit", *J. Prod. Agric.*, vol. 5, pp. 107-110, 1992.
- [34] T.E. Crews and M.B. Peoples, "Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs" *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 102, pp. 279-297, 2004.

## Regards sur l'hygiène, l'assainissement et la santé dans les aires de santé de Kasheke et Tchofi, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

*El Kent Atumishi Mubangu<sup>1</sup>, Jérémie Shukuru Cinyabuguma<sup>2</sup>, Bouchra Bekhat<sup>3</sup>, and Mourad Madrane<sup>4-5</sup>*

<sup>1</sup>Maître de 3ème cycle de la politique et socio- économie de la gestion de l'environnement UEA/Bukavu, licencié en santé publique, assistant à l'ISTM/Kabare, à l'ISTD/Mulungu, à l'ISTCE/Kalehe et l'Université Simon Kimbangu. Responsable d'un centre de santé dans la Zone de santé Urbaine de Kadutu, Bukavu, RD Congo

<sup>2</sup>Gradué en santé publique, gestion des Institutions de santé à l'ISTCE/Kalehe, RD Congo

<sup>3</sup>Doctorante, Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique, École Normale Supérieure, Tétouan, Université Abdelmalek Essaadi, Maroc

<sup>4</sup>HDR en didactique des SVT, Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique, École Normale Supérieure, Tétouan Université Abdelmalek Essaadi, Maroc

<sup>5</sup>Chercheur Associé, CRDE, Université de Moncton, Canada

---

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 was led in order to evaluate the health risks related to water, hygiene and cleansing in the two surfaces of health of kalehe in the east of the Democratic Republic of Congo (RDC). Several factors make difficult the control of the management of the urban cleansing and the access to drinking water. Within the framework of this study, investigations spares and of observation were realized to evaluate the impact of basic hygiene and the supply drinking water. It arises that the problem of the availability of drinking water in the two surfaces of continuous health selected to be a major concern for the population. Domestic waste is badly managed with causes of the absence of infrastructures of hygiene and basic cleansing, a lack of synergy of action of the actors. Concerning the other conveniences of the habitat, approximately 54, 8 % of the households do not have latrines with presence of the excrements in the court (69, 9 %). For the evacuation of the household refuse (56, 2%) throw them in the rivers what degrades the environment in these two surfaces of health of the zone of health of kalehe. A sensitizing of the population in the management of domestic waste to avoid the diseases due to the bad management of waste and the good management of water is recommended. The persistence of such practices is likely to increase the environmental and medical problems.

**KEYWORDS:** Waste, Democratic Republic of Congo, impact, environment, Water, Zone of health of kalehe.

**RESUME:** Cette étude vise à évaluer les risques pour la santé liés à l'eau, hygiène et assainissement dans les deux aires de santé de kalehe à l'est de la République Démocratique du Congo (RDC). En effet, plusieurs facteurs rendent difficiles la maîtrise de la gestion de l'assainissement urbain et l'accès à l'eau potable. Dans le cadre de cette étude, des enquêtes ménage et d'observation ont été réalisées pour évaluer l'impact de l'hygiène de base et l'approvisionnement en eau potable. Il ressort que le problème de la disponibilité de l'eau potable dans les deux aires de santé sélectionnées continue d'être une préoccupation majeure pour la population. Les déchets ménagers sont mal gérés à causes de l'absence d'infrastructures d'hygiène et d'assainissement de base, un manque de synergie d'actions des acteurs. Concernant les autres commodités de l'habitat, environ 54,8% des ménages ne possèdent pas des latrines avec présence des excréments dans la cour (69,9%). Pour l'évacuation des ordures ménagères (56,2%) les jettent dans les rivières ce qui dégrade l'environnement dans ces deux aires de santé de la zone de santé de kalehe. Une sensibilisation de la population dans la gestion des déchets

domestiques pour éviter les maladies dues à la mauvaise gestion des déchets. Ainsi une bonne gestion de l'eau est recommandée. La persistance de telles pratiques risque d'accroître les problèmes environnementaux et sanitaires.

**MOTS-CLEFS:** Déchet, Hygiène, Assainissement, impact, environnement, Eau, Zone de santé de kalehe.

## INTRODUCTION

L'état de santé d'une population dépend étroitement de la qualité des services en eau potable, assainissement et hygiène de base. Or, selon l'Organisation Mondiale de la Santé [1], environ 1,1 milliard de personnes n'ont pas accès à une eau potable et 2,4 milliards ne disposent pas de systèmes d'assainissement adéquats. Cette situation serait à l'origine de la mortalité très élevée de 2 millions de décès dus aux diarrhées et autres maladies liées au péril fécal qui affectent particulièrement les enfants de moins de 5 ans, surtout dans les pays en développement [2]. De plus, une part importante des ménages vit dans des conditions d'extrême pauvreté qui influent sur la qualité de leur environnement de vie [3].

L'environnement et la santé dans le milieu rural des pays en développement sont confrontés à des menaces diverses [4]. L'expansion des villages, la croissance démographique, les modes de consommation et d'exploitation des écosystèmes, la diffusion universelle du mode de vie rurale exercent désormais une action extrêmement diverse et sans cesse grandissante sur l'état de l'environnement [5]. Ces villages qui aspirent à une dynamique de développement susceptible d'améliorer leur vécu sont confrontés aux conséquences néfastes des déchets sur la qualité de vie, l'environnement et la santé publique.

L'eau constitue un élément indispensable pour la vie des hommes, des animaux et des plantes. Ces derniers représentent le maillon fondamental des écosystèmes terrestres dont dépend en partie la vie des hommes. Avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisantes contribue au maintien de la santé. L'eau peut aussi être source de maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques [6].

La dégradation de l'environnement est le principal facteur qui affecte la santé avec une incidence directe et négative sur le bien-être humain. Les estimations de l'OMS indiquent que les facteurs environnementaux sont responsables pour plus de 21 % de la charge globale des maladies [1].

En ce qui concerne particulièrement le quatrième objectif, la RDC s'est proposée comme objectif de réduire de deux tiers d'ici 2015, le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans dans la mesure où 213 enfants de moins de cinq ans pour mille naissances vivantes meurent chaque année. [13].

Au sud Kivu, les mauvaises conditions socio-économiques, l'insuffisance en approvisionnement en eau potable et la consommation des aliments crus et/ou lavés par l'eau contaminée semblent être la cause de taux élevé de prévalence de maladies hydriques, vers les années 2012-2013 on a enregistré plus de 3986 cas des maladies hydriques dont 576 morts.

Durant l'année 2014, au centre de sante de Tchofi, on a enregistré 402 cas des diarrhées simples toute l'année et dont 78% de ces cas sont les enfants de moins de 5 ans. Au premier semestre de cette année 2015 ; le centre de sante de Tchofi a déjà enregistré 79 cas de diarrhées simples, 70% cas sont les enfants de moins de 5 ans. Dans le premier semestre de l'année 2015, Le centre de santé de Kasheke a enregistré 35 cas des diarrhées et 80% de ces malades étaient les enfants de moins de 5ans. La majorité de la population de ses deux aires de santé sont des personnes aux niveaux socio-économiques très bas affectée par l'absence de services ruraux de base et très exposée aux nombreuses sources de pollution environnementale. L'absence de services de base (eau, assainissement, hygiène de base, etc.) est susceptible d'être à l'origine de la propagation de pathologies diarrhéiques.

Cette étude permettrait d'analyser la problématique de gestion des déchets ménagers, d'approvisionnement en eau insalubre et de leur impact sur l'environnement et la santé de la population de ses deux aires de santé dans la zone de santé de Kalehe. La mauvaise gestion des déchets ménagers est à l'origine du problème de la santé publique d'autant plus qu'il constitue le facteur dominant de création de nids de production des vecteurs de menace de la santé comme les moustiques, mouches, cafards, souris. Les pratiques humaines sont les principaux facteurs responsables de l'insalubrité de l'eau. Les ruraux contribuent largement à la pollution de leur environnement hydrographique. En ce qui concerne les eaux de surface et souterraines, les risques de pollution des eaux par les hommes et de contamination des populations par la consommation d'eau non potable sont variables d'une zone à l'autre.

Ecrite par Arianne Poissonnier [14]. En milieu rural, les maladies hydriques les plus dangereuses sont contractées par la boisson et les baignades dans les eaux stagnantes. Les diarrhées simples, les gastro-entérites, les amibiases, les dysenteries, les verminoses, le choléra, la typhoïde et la bilharziose sont fréquents dans les villages.

La contribution à l'amélioration de l'état de santé de la population des aires de santé de KASHEKE et TCHOFI est notre visée. De ce fait, nous devons : Evaluer le niveau de connaissances des ménages des aires de santé de Tchofi et Kasheke sur l'hygiène, l'approvisionnement en eau et assainissement. Examiner l'attitude des ménages des aires de santé de Tchofi et Kasheke face à l'hygiène eau et assainissement. Enfin de déterminer les pratiques des ménages des aires santé de Tchofi et Kasheke sur l'hygiène, eau et assainissement.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODE**

### **DESCRIPTION DU MILIEU**

Tchofi et **Kasheke** sont deux aires de santé voisines qui constituent notre milieu d'étude. Elles se trouvent dans la province du Sud-Kivu, Territoire de Kalehe, chefferie de Buhavu, groupement de Mbinga- sud, l'aire de santé de Tchofi est desservie par le centre de santé portant le même nom et l'aire de santé de Kasheke est desservie par le centre de santé portant le même nom. L'AS de Kasheke fait partie de 11 AS qui composent la zone de santé de Kalehe et se trouve dans la province du sud Kivu ,territoire de kalehe, chefferie de Bahavu, groupement de Mbinga sud, village de Kasheke, le CS est implanté dans le sous village de Karugondo au bord du lac Kivu à 51km de Bukavu, situé au milieu de deux écoles portant le même nom et super plombé par 2collines dont Cigazi et Lwege. L'aire de santé de Kasheke est limitée : Au nord par l'aire de santé de Lemera, l'est par l'aire de santé de Tchofi , sud par le lac Kivu et à l'ouest par la rivière Nyabaronko. L'Aire de santé de Tchofi est située : Au nord par l'aire de sante de Luzira et au sud par l'AS de Kasheke.

Le relief est varié, avec une partie littorale et une partie montagneuse. La végétation est de type savane, avec un climat tropical et deux saisons des pluies (septembre à janvier et mars à mai) et deux saisons sèches (Juin a Aout et Février). L'hydrographie est composée du lac Kivu et de rivières, dont les principales sont Nyawarongo, Luriza, Sangano, Ndindi et Nyamishongo.

### **METHODE**

Au niveau des ménages, il s'agit d'administrer aux enquêtés les questions du questionnaire et justification du choix du questionnaire comportant des questions dans le domaine de la santé publique (eau, hygiène, assainissement, maladies liées à l'eau, etc....). De même, une observation directe de l'environnement et du fonctionnement des ménages ont été réalisées.

Chaque ménage ciblé devrait à son tour répondre aux questions et leurs ménages observés par l'équipe des enquêteurs dans un choix éclairé. Cette opération s'était réalisée pendant trois mois (février, mars et avril 2015) dans les 146 ménages. L'approche recherche-action a été adoptée pour améliorer la situation environnementale et sanitaire de deux aires de santé Tchofi et Kasheke avec les acteurs et les bénéficiaires eux-mêmes.

Le traitement statistique des résultats a été réalisé grâce au logiciel SPSS.17.0 L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse des variables au seuil de risque de 5 %.

## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

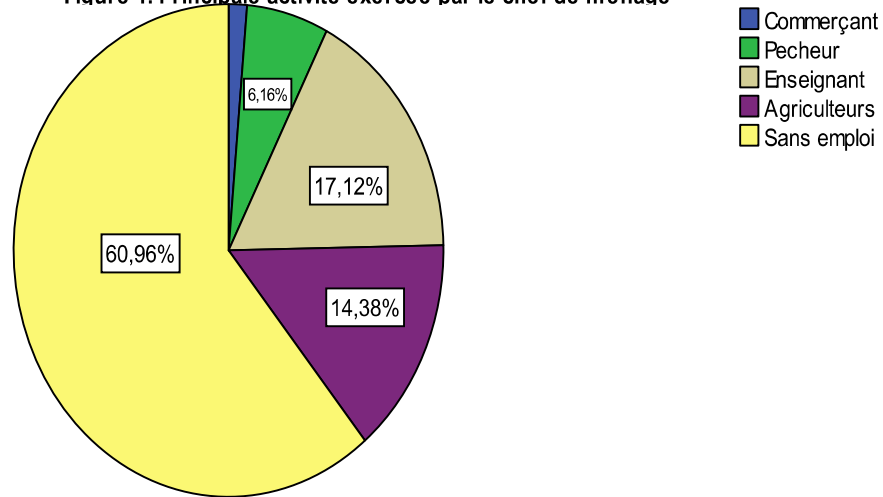
### **LA POPULATION N'AYANT PAS DES MOYENS CONSEQUENTS COURS LES RISQUES SANITAIRES AU SEIN DE DEUX AIRES DE SANTE.**

La mise au point des informations donnent une lecture de l'espace des deux aires de santé en montrant comment les facteurs comme l'eau, l'assainissement et l'hygiène de base influent sur la santé de la population dans une partie de zone de santé de kalehe.

La vulnérabilité de la population des deux aires de santé aux risques sanitaires s'appréhende à travers à deux niveaux : non seulement elle est à niveau socio-économique extrêmement bas mais également elle est plus exposée aux risques de maladies. En effet, les ménages sont considérés comme pauvres puisque 60,96% des enquêtés sont sans activité tandis que le reste occupe d'autre activités moins payant que le commerce (Figure 1). La précarité socio-économique serait sans doute la résultante du faible niveau d'instruction des habitants. Plus au moins de 71,92% des chefs de ménage n'atteignent pas le niveau secondaire (figure 2). les déchets ménagers sont mal gérés à causes de l'absence d'infrastructures d'hygiène et d'assainissement de base, un manque de synergie d'action des acteurs... cela se traduit par une hygiène défectueuse qui offre des conditions bioécologiques favorables au développement de germes pathogènes (virus, bactéries, parasites) responsables de nombreuses maladies qui sévissent dans nos quartiers les transformant de plus en plus en espace potentiellement "épidémiogène"(un espace dont le fonctionnement génère des germes pathogènes qui provoquent des

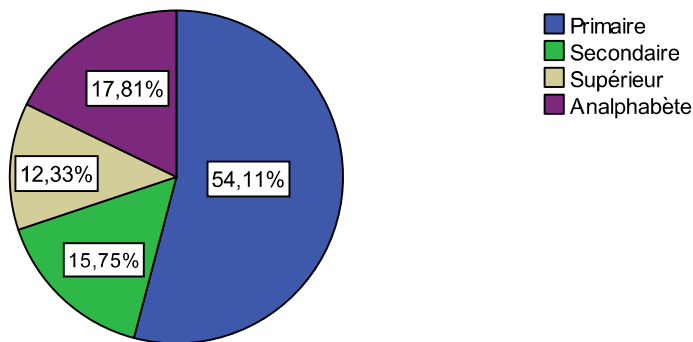
processus pathologiques et qui contribuent à faire apparaître et propager des phénomènes morbides au sein d'une population [8]. Il est important de souligner la relation entre le niveau d'instruction faible du chef de ménage et le manque d'activité dans les ménages. En effet, il est démontré à travers différentes enquêtes nationales au Nouakchott, Mauritanie ([9], [10]) que la précarité sociale affecte plus les femmes chefs de ménage qui ont en général un niveau d'instruction relativement bas.

Figure 1. Principale activité exercée par le chef de ménage



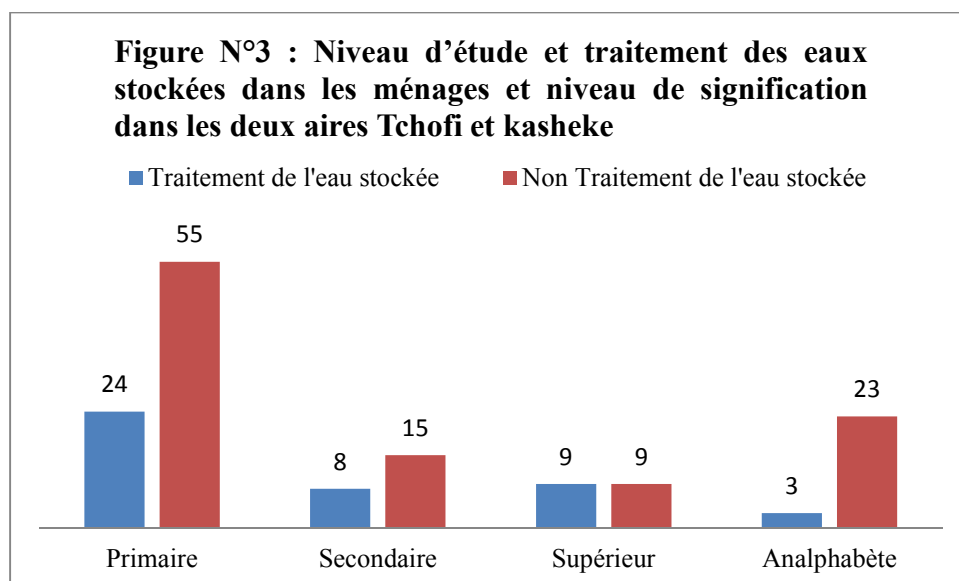
Source: Enquête 2015

Figure 2. Niveau d'instruction le plus élevé atteint dans le ménage.



Source: Enquête 2015

Au vu de la figure N°3, nous constatons que la différence est faiblement significative pour le niveau d'étude et traitement des eaux stockées dans les ménages dans les deux aires de santé Tchofi et kasheke (P =0,049).



P-Value : 0,049

Les résultats de notre enquête montrent que Tchofi et Kasheke sont faiblement approvisionnés en eau potable composé d'un nombre important des ménages consommant des eaux non aménagées des rivières (67,1%). Les Récipient de stockage de l'eau de boisson sale (65,8). Concernant les autres commodités de l'habitat, environ 54,8% des ménages ne possèdent pas des latrines avec présence des excréments dans la cour (69,9%). Si les ménages possèdent la fosse septique comme **mode de collecte des excréta est à (6,8%)**, la majorité les collectent aux fosses à fond perdu (93,2%). Pour **l'évacuation des ordures ménagères (56,2%)** les jettent dans les rivières ce qui dégrade l'environnement dans ces deux aires de santé de la zone de santé de kalehe.

La promotion de l'hygiène publique et de l'éducation à la santé pour un cadre de vie sain et le bien-être requiert une bonne campagne de sensibilisation dans les deux aires de santé. La majorité de la population connaissent les risques sanitaires liés à la qualité de l'eau, à l'hygiène de base et à l'assainissement. Ils les associent d'abord aux problèmes résultant du manque d'eau potable, de la contamination de l'eau de boisson stockée et non traitée avant consommation et de l'absence de moyens adéquats pour traiter l'eau de boisson. Les ménages évoquent ensuite la faiblesse de la desserte en services de collecte des ordures, la pullulation en jetant les ordures et de matières fécales dans les rivières, à l'absence de dispositifs d'évacuation des eaux usées, au manque d'entretien des latrines surtout publiques, aux rejets d'eaux usées dans les espaces publics, d'où la nécessité d'intensifier la sensibilisation au sein de la population pour s'approvisionner une eau potable afin d'éviter la propagation des maladies diarrhéiques.

Dans une étude, Djafarou [11] à Kandi en 2004 au Bénin, a constaté que l'eau potable recueillie à la source par une population est contaminée durant le stockage et les manipulations à domicile. Les causes évoquées étaient la méconnaissance des règles d'hygiène et l'usage de récipients inadaptés, ouverts et sans protection [12]. L'accès à l'eau courante et potable est une condition nécessaire à des usages qui permettent de prévenir les maladies liées à l'eau.

Tableau 1. Conditions sanitaires et environnementales des ménages

Modalités	Tchofi et Kasheke	
Accès à l'eau potable et pratiques des ménages		
La principale source d'approvisionnement en eau potable	Effectif	%
Source non aménagée	24	16,4
Eau du robinet	48	32,9
Rivière, lac, ruisseau	74	50,7
Total	146	100
Récipient de stockage de l'eau de boisson	Effectif	%
Récipient de stockage de l'eau de boisson Propre et bien fermé	50	34,2
Récipient de stockage de l'eau de boisson sale	96	65,8
Total	146	100
l'habitude de se laver les mains	Effectif	%
Après avoir utilisé les latrines	33	22,6
Après le nettoyage ou le changement de couches de l'enfant	32	21,9
Avant de manger	81	55,5
Total	146	100,0
Conditions d'habitat et pratiques d'hygiène		
Répartition des ménages selon la présence des latrines	Effectif	%
les ménages ayant des latrines	66	45,2
les ménages n'ayant pas des latrines	80	54,8
Total	146	100,0
Présence des excréments dans la cour	Effectif	%
Oui	102	69,9
Non	44	30,1
Total	146	100
Systèmes d'assainissement		
Mode de collecte des excréta	Effectif	%
Fosse septique	10	6,8
Fosse à fond perdu	51	34,9
Sur les voies publiques	85	58,2
Total	146	100
Evacuation des ordures ménagères	Effectif	%
Charrette	9	6,2
Dépotoirs sauvages	31	21,2
Enfouissement dans un trou	24	16,4
Jeter dans la rivière ou le lac	82	56,2
Total	146	100

## CONCLUSIONS

Dans le cadre de cette étude, des enquêtes ménage et d'observation ont été réalisées pour évaluer l'impact de l'hygiène de base et l'approvisionnement en eau potable. Il ressort que le problème de la disponibilité de l'eau potable dans les deux aires de santé sélectionnées continue d'être une préoccupation majeure pour la population. Les déchets ménagers sont mal gérés à causes de l'absence d'infrastructures d'hygiène et d'assainissement de base, un manque de synergie et de coordination des actions déployées par les différents acteurs.

Pour éviter un développement rapide des maladies diarrhéiques, il est souhaitable de maîtriser les habitudes et pratiques de la population de Tchofi et kasheke ainsi que les modes de transfert et de gestion de ces polluants dans l'environnement. Avec comme conséquences socio-économiques; conséquences sur le budget de l'état (prise en charge par l'état des personnes malades) ainsi que sur le développement du pays. Conséquences pour les familles (prise en charge des malades par les familles). En plus, son importance sur la vulgarisation et les actions des associations; intégration des programmes scolaires visant la sensibilisation; rôles des médias dans la sensibilisation.

La sensibilisation implique plusieurs actions ciblées et complémentaires car elle présuppose une mise en évolution des idées et des changements de comportements. Donc, une sensibilisation n'est ni facile ni évidente et nécessite des conditions de possibilité et des actions complémentaires et conjointes pour réunir les conditions d'une évolution des idées, des changements dans les attitudes et des comportements des citoyens.

#### **REMERCIEMENTS**

Nous remercions l'ensemble des personnes qui ont participé à la réalisation de cette étude ainsi que les autorités académiques de l'ISTM/Kabare et de l'ISTCE /Kasheke pour leurs soutiens financiers.

#### **REFERENCES**

- [1] OMS-UN-Habitat, 2010, La face cachée des villes : mettre au jour et vaincre les inégalités de santé en milieu urbain. Rapport UN-Habitat-OMS, Genève, 145p.
- [2] Briscoe, J., R.G. Feachem et M. Mujibur Rahaman, 1987, Évaluation de l'effet sur la santé : approvisionnement en eau, assainissement et hygiène. UNICEF, ICDDR\_B, CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International), Ottawa, Canada, 86p.
- [3] Dorier-Apprill, E., 2006, La gestion de l'eau et des déchets dans les villes des PVD, entre modèles exogènes et pratiques populaires. In Ville et environnement sous la direction d'Elisabeth Dorier-Apprill, SEDES, Paris, pp. 385-408.
- [4] Hiligsmann, S., M. Lardinois, C. Rodriguez, F. Mhiri, L. Marouani, A. Benzarti, D. Pohl, J.F. Chamblin, S. Grolet, J.M. Noel, A. Copin et P. Thonart, 2002, Impact environnemental des décharges de déchets ménagers sur la qualité des eaux. Congrès, Gestion intégrée de l'eau en Haiti, pp 192 – 204.
- [5] Ousseynon, E., 1996, Les nouveaux objectifs de la gestion des déchets dans le monde, CREA, AO 327 p.
- [6] Organisation mondiale de la santé (OMS). L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie. Paris : UNESCO-WWAP, 2003
- [7] UNICEF : Eau ; hygiène ; et assainissement ; programme 2007 -2012.
- [8] WWW. Pasteur.fr
- [9] ONS, 2007. Enquête Nationale à Indicateurs Multiples (MICS). Rapport final, Office National de la Statistique (ONS), Nouakchott, Mauritanie, 61p.
- [10] ONS, 2009. Profil de la pauvreté en Mauritanie. Rapport final de l'Enquête Permanente sur les Conditions de Vie (EPVC), Office National de la Statistique (ONS), Nouakchott, Mauritanie, 173p.
- [11] Djafarou A. La contribution à l'élaboration des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la commune de Kandi. Mémoire de DESS, IMSP, Bénin, 2004
- [12] Centre béninois des normes (Cebenor). Eaux minérales et eaux de sources : spécifications et critères de qualité. Cotonou : Cebenor, 2001.
- [13] UNICEF, Rapport sur l'Enquête Nationale sur la situation des femmes et des enfants MICS-2, 2001
- [14] Agence canadienne de développement international (ACDI), Gatineau (Québec), 2005 : <http://www.acdi-cida.gc.ca>

## Conception d'une grille d'évaluation chiffrée du programme national d'enseignement en République Démocratique du Congo

### [ Design of a quantified grid assessment for national school program in Democratic Republic of Congo ]

*Balagizi Karhagomba Innocent<sup>1</sup>, Kaningini Mwenyimali Boniface<sup>1</sup>, Isumbisho Mwapu Pascal<sup>1</sup>, Bapolisi Bahuga Paulin<sup>2</sup>, Murhema Mashanda Job<sup>2</sup>, and Banza Nsomwe-A-Nfunkwa Eustache<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Département de Biologie, Institut Supérieur pédagogique (ISP), Bukavu, RD Congo

<sup>2</sup>Département de Psychopédagogie, Institut Supérieur pédagogique (ISP), Bukavu, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Kinshasa, 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:** This paper aims at developing a simple and adapted grid to evaluate school program in the Democratic Republic of Congo, with a statistical basics. The developed model is tailored on specific evaluation basics, as well as program structures, integration of the competence-based approach and internal coherence levels. The grid was tested on the program of biology senior 4. It allows the process of self-evaluation during apprenticeship whilst it focuses to adapt didactic triangulation diagram in teaching process. In future this grid may become valuable tool for school programs set-up, dealing with universality.

**KEYWORDS:** Assessment school Grid, apprenticeship, School evaluation, Secondary school, Biology program.

**RÉSUMÉ:** Ce travail est une tentative de mise au point d'une grille simple et adaptée pour évaluer de manière plus objective, les programmes scolaires sur base des données chiffrées. Le modèle développé se base sur l'évaluation chiffrée du programme, à trois niveaux (structure, intégration de l'approche par compétence et cohérence). La grille a été testée sur le programme de biologie de 4<sup>ème</sup> année du secondaire. Un avantage de cette grille est qu'elle ouvre des brèches pour faire participer les enseignants, apprenants et leurs tuteurs dans l'auto-évaluation des séquences d'enseignement, adaptant les processus éducatifs dans un schéma triangulation didactique. Ce grille peut être applicable à tous les programmes d'enseignement national et peut constituer dans le futur un outil indispensable pour la révision des programmes scolaires.

**MOTS-CLEFS:** Grille d'analyse de programme, situation d'apprentissage, évaluation pédagogique, Ecole secondaire, programme de Biologie en RD Congo.

## 1 INTRODUCTION

Cet article émane d'une réflexion didactique conduite par le professeur Kaningini Mwenyimali Boniface [1], au cours d'un séminaire d'analyse de programme scolaire de biologie, animé au programme de Troisième cycle en Didactiques de Disciplines à l'Institut Supérieur Pédagogique (ISP) de Bukavu, province du Sud-Kivu, RD Congo). L'étude se range dans les lignes directrices des politiques éducatives, lesquelles orientent des enseignements et, définissent les programmes ainsi que

les manuels scolaires qui s'y réfèrent. Le programme d'enseignement scolaire est compris comme l'ensemble structuré des objectifs, de buts de la formation, les objectifs généraux, les objectifs opérationnels (présentés par modules) ainsi que les tableaux qui décrivent la structure et l'articulation du programme et des données sur la durée, la sanction des études, la définition des objectifs, etc. [2],[3],[4].

De tous les temps, l'on se plaint que les programmes ne sont pas bien définis par rapport au contexte socio-économique, politique et culturel, ainsi que par rapport aux politiques et au type d'hommes. Et, plusieurs auteurs ont effectué des études critiques des programmes scolaires dans divers champs disciplinaires et ont défini des critères d'analyse de ces programmes [2],[3],[4],[5][6][7].

La question de révision des programmes reste d'actualité presque dans le monde entier en tenant compte des réquisitions sociétales par rapport au contexte socio-politique défini, et au programme de développement et au type d'hommes à former [1],[5],[6][7],[8],[9]. La préoccupation majeure repose sur la définition d'une grille d'analyse d'un programme scolaire, basée sur un système de cotation, pour assurer un jugement objectif d'un programme en vue de sa révision suscitant une concertation entre les évaluateurs, les utilisateurs des programmes et les législateurs. Les critères mesurables à prendre en compte pour assurer dans l'avenir un système d'échelle d'évaluation des programmes, sont de type qualitatif et qualitatif.

Une autre préoccupation repose sur les nouvelles approches (par compétences et par objectifs) lesquelles doivent être pris en compte par rapport aux finalités éducatives en RD. Congo, notamment, celles de « *former les citoyens producteurs, créatifs, cultivés, consciencieux, libres et responsables, ouverts aux valeurs sociales, culturelles et républicaines.....* » puis, «... *préparer l'enfant à la vie tout en lui donnant un premier niveau de formation générale, physique, civique, morale, intellectuelle et sociale, le préparer à s'intégrer utilement dans la société et à poursuivre les études ultérieures* » [9].

Ce travail se propose donc de mettre en place une grille d'analyse flexible, manipulable et basée sur une possible évaluation quantitative et qualitative et, capable de guider objectivement un processus de révision ou de conception d'un nouveau programme scolaire.

## 2 MATERIELS ET METHODES

Pour mettre au point une grille, nous avons procédé à la recherche documentaire en regroupant les éléments capitaux à insérer dans un programme actuel, en incluant les nouvelles approches par compétences et objectifs [10],[11],[12],[13]. Les publications sur les programmes scolaires [3],[4],[8],[14],[15],[16],[17] ont permis d'observer la structure universelle, les qualités et caractéristiques requises pour le programme scolaire défini dans un contexte globalisé, à savoir :

- a) *structure* : ancienneté, âge requis des apprenants, nature du programme (fermé, ouvert, flexible) et le nombre d'heures par semaines
- b) *qualités* : défini par compétences, découpé en modules, formulé par objectifs
- c) *caractéristiques* : pertinence, adéquation, cohérence des objectifs/modules, le degré d'applicabilité, niveau d'harmonisation (disponibilité des ressources pour l'enseignement, connectivité avec la classe inférieure et la classe supérieure).

Ces trois niveaux d'appréciation sont complémentaires et interconnectés, constituant ensemble l'Echelle d'évaluation et d'appréciation du programme. Pour cet aspect, 3 valeurs d'appréciation ont été utilisées: très satisfaisant, peu satisfaisant, non satisfaisant. Et, ces trois valeurs expriment le niveau de satisfaction par rapport aux éléments structurels définis, recevant des signes + ou -

Notons que pour l'analyse de cohérence des objectifs du programme et le contenu des modules, l'on a pris en compte le schéma de cohérence d'un programme conçu (figure 1) et qui fait ressortir le système d'engrenage qui doit être lu entre les objectifs, le module et leurs contenus au sein d'un programme. Il définit aussi la relation entre les finalités et compétences (cognitives, affectives, sociales, morales et esthétiques) à développer au cours du processus d'enseignement/apprentissage et devra tenir compte du processus d'évaluation.

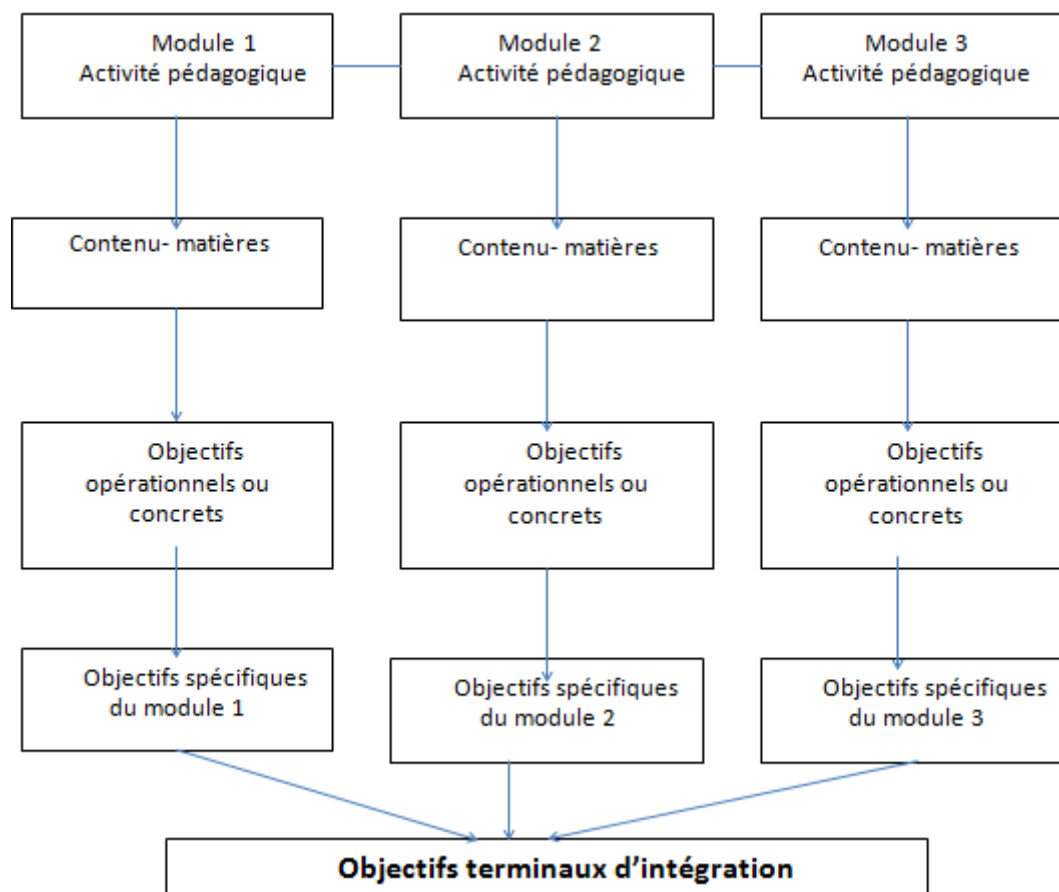


Figure 1. Niveau de cohérence dans un programme [8]

A ce niveau, on a pris en compte aussi la cohérence avec les aptitudes à développer, en fonction de la taxonomie de Bloom, en observant les aspects Connaissances (Cn), Compréhension (Co), Application (A), Analyse (An), Synthèse (Sy) et Evaluation (Ev) [5],[18]. Intégrant les éléments de références de l'approche par compétences, l'étude s'est inspirée des travaux de [8],[10],[19] pour la caractérisation d'un programme :

- Le programme permet de résoudre les problèmes de la vie (auto-prise en charge)!
- Le programme favorise le développement de l'esprit de créativité (activité sociale et des capacités interpersonnelles)
- Le programme permet d'exercer les responsabilités (capacités de prise de décision)
- Le programme permet de communiquer (activités d'interactions sociales et de découvrir les capacités interpersonnelles)

Ces éléments mis ensemble ont conduit à la conception d'une échelle d'évaluation à trois niveaux :

- niveau A. la structure du programme (sa logique de conception), en tenant compte de l'universalité des programmes ;
- niveau B. la cohérence : entre les modules, au sein des modules, la cohérence entre les modules au regard des objectifs définis et
- niveau C. la compétence à développer par rapport aux contenus-matières.

Les niveaux A, B et C correspondent aux trois grilles A, B et C.

Pour analyser le degré de fiabilité du programme à chaque niveau, nous avons utilisé la sommation de critères ayant le même score pour en dégager la moyenne pondérée en pourcentage. Les moyennes des trois niveaux, ont permis de déterminer l'adéquation du programme soit dans sa structure, soit dans la cohérence au sein des composantes principales, soit encore dans les compétences à développer. Notons que La matrice de la grille a été testée sur le programme de Biologie de la 4<sup>e</sup> année du secondaire, dont le thème central est l'enseignement de la microbiologie. Ce programme, défini en 1968 et révisé en 2005, avec l'appui de l'UNESCO [20], est donc supposé être complet à la lumière des programmes attendus [1],[3],[5],[8],[10],[17].

Dans sa conception, le programme de biologie en 4<sup>ème</sup> années secondaire a comme objectif terminal d'intégration défini tel qu'au terme de l'enseignement, l'élève devra être capable d'expliquer le mode de vie des microbes ainsi que leurs conséquences sur la vie des hommes, des animaux et des plantes. Il est réparti sur 6 modules d'apprentissages dont le premier module traite des situations d'apprentissage sur le microscope et les autres spéculent sur les microorganismes, leurs actions et importance biotechnologiques et pathologique et les mécanismes de défense du corps humain.

**Echelle d'évaluation du degré d'adéquation du programme (DAP):** Pour calculer cette valeur, on effectue la somme des moyennes des valeurs maximales pondérées (**VMp**) et des moyennes des valeurs minimales (**Vmp**) des trois grilles prises ensemble dénommées respectivement A, B et C.

Valeurs maximales pondérées:  $[V_{max}(\text{grille A}) + V_{max}(\text{grille B}) + V_{max}(\text{grille C})]/3 = \mathbf{VMp}$  (en %)

Valeurs minimales pondérées:  $[V_{min}(\text{grille A}) + V_{min}(\text{grille B}) + V_{min}(\text{grille C})]/3 = \mathbf{Vmp}$  (en %)

Degré d'adéquation du programme (DAP) =  $(\mathbf{VMp} + \mathbf{Vmp})/2$  (exprimé en %)

Si DAP est inférieur à 55%, on dit que le programme est incohérent ; Si DAP est compris entre 55% et 65%, on dit que le programme est inadéquat, et, Si DAP est compris entre 65% et 75 %, on dit que le programme est acceptable, mais nécessite la flexibilité dans son exécution (type ouvert) ; Enfin si Si DAP est supérieur à 75%, on dit que le programme est adéquat.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 LA MATRICE DE LA GRILLE D'ÉVALUATION DU PROGRAMME

Le tableau 1 présente les modèles des grilles d'évaluation que l'on a construites

**Tableau 1. Grille d'analyse structurelle du programme**

Éléments indicatifs				
O.1.	Titre du programme			
O.2.	Ancienneté du programme			
O.3.	Niveau/ âge d'élèves			
O.4.	Type de programme (fermé/ouvert)			
	<i>A. Caractéristiques universelles du programme</i>	Très satisfaisant (TS)	Peu satisfaisant (PS)	Non satisfaisant (NS)
A.1.	Approche curriculaire			
A.2.	Basé sur les compétences			
A.3.	Formulé par objectifs			
A.4.	Découpé en modules			
	<i>B. Qualités particulières du programme</i>			
B.1	Pertinence (utilité sociale)			
B.2	Enchaînement logique des matières			
B.3	Applicabilité			
B.4	Adéquation (activités d'apprentissage et procédures d'évaluation)			
B.5	Harmonisation (ressources éducatives disponibles)			
B.6	Basée sur le développement durable			
B.7	Connectivité aux pré-requis et à la formation suivante			
B.8	Volume horaire raisonnable			
B.9	Adaptation au niveau mental			
B.10	Processus d'auto-évaluation			
B.11	Rapport Théorie/pratique			
	<b>Total des notes par échelle</b>			

Le remplissage par des signes + ou – permet de fixer les critères que le programme a rempli. Cette grille porte 15 points à évaluer au niveau de la structure du programme. L'on y fait figurer le processus d'auto-évaluation, comme élément capital

dans l'appréciation du programme tant au niveau de l'apprenant que de l'enseignant dans une dynamique de contrat didactique [21].

Aussi cette partie fait évoquer l'idée d'une révolution docimologique en tenant compte des compétences et aptitudes à développer chez l'apprenant dans un contexte de recherche-action et de développement.

Les tableaux 2 et 3 sont dressés et servent à évaluer les degrés de cohérence et d'intégration de l'approche par compétences dans les programmes.

**Tableau 2. Grille d'analyse de la cohérence du programme**

<b>Intitulé du programme :</b>	
<b>Niveau:</b>	
<b>Date de publication:</b>	
<b>Age des élèves:</b>	
<b>Volume horaire:</b>	
<b>Partie Théorique:</b>	
<b>Partie pratique:</b>	
<b>Objectif d'intégration terminal :</b>	

Degré de cohérence <i>1 = cohérence    0 = absence de cohérence</i>									Aptitudes d'évaluation				
			Objectif terminal	Module 1	Module 2	Module 3	Cn	Co	Ap	An	Sy	Ev	Recommandations
<b>Module 1</b>	<b>Contenus -matières</b>	<b>Objectifs spécifiques</b>											
<b>Module 2</b>	<b>Contenus -matières</b>	<b>Objectifs spécifiques</b>											
<b>Module 3</b>	<b>Contenus -matières</b>	<b>Objectifs spécifiques</b>											

Cn= connaissance    Co = compréhension    Ap = application    An = Analyse    Sy = Synthèse    Ev = Evaluation

Cette échelle est liée à l'analyse du niveau de cohérence entre :

- (a) les modules pour se rassurer d'un enchaînement logique;
- (b) les contenus-matières au sein d'un module ;
- (c) les objectifs à atteindre et les modules ( voir contenus-matières)
- et (d) les aptitudes à développer chez les élèves.

Cette grille d'analyse est à échelle dichotomique, permettant de déceler il y a cohérence ou s'il n'y a pas cohérence aux différents niveaux évoqués, en utilisant la note 1= cohérence et la note 0 = pas de cohérence.

Tableau 3. Grille d'analyse du programme par rapport aux compétences

Niveau:							
Date de publication:							
Age des élèves:							
Volume horaire:							
Partie Théorique:							
Partie pratique:							
Objectif terminal d'intégration (OTI):							
		Développer de nouvelles connaissances	Résoudre les problèmes de vie (auto-prise en charge)	Développer et Exercer la créativité et expérimentation	S'adapter à de nouvelles situations	Exercer les responsabilités (capacité de prise de décision)	Communiquer et agir en groupe
Module 1	Contenus -matières						
Module 2	Contenus -matières						

Cette échelle d'évaluation de programme repose sur 6 points principaux en rapports avec des compétences, notamment, celle de permettre à l'apprenant, de :

1. développer de nouvelles connaissances,
2. résoudre les problèmes de vie (auto-prise en charge),
3. développer et Exercer la créativité et expérimentation,
4. s'adapter à de nouvelles situations,
5. exercer les responsabilités (capacité de prise de décision),
6. communiquer et agir en groupe,

### 3.2 RESULTAT DU TEST DE LA GRILLE SUR LE PROGRAMME DE LA BIOLOGIE DE QUATRIEME ANNEE SECONDAIRE EN VIGUEUR EN RD. CONGO

Le tableau 4 reprend les éléments d'appréciation du programme de biologie de la 4<sup>ème</sup>, après application de la matrice de la grille conçue. Il s'agit de vérifier si le programme tel que révisé est encore acceptable dans sa structure révisée. Les mentions **très satisfaisant (TS)**, **peu satisfaisant (PS)**, **non satisfaisant (NS)** sont utilisées. Ce tableau met aussi en relief les éléments à améliorer (propositions).

Tableau 4. Analyse structurelle du programme de biologie 4<sup>ème</sup> année du secondaire (Grille A)

	Indicatif				Propositions
O.1.	Titre du programme	Biologie 4è			
O.2.	Ancienneté du programme	2005			Très vieux par rapport aux actualités
O.3.	Niveau/ âge d'élèves	16 ans			
O.4.	Type de programme (fermé/ouvert )	ouvert			Laisse l'enseignant dans un état d'embarras pour décider comment enseigner des adolescents dans l'abstrait
	<b>A. Caractéristiques universelles</b>	TS	PS	NS	
A.1.	Approche curriculaire	+			
A.2.	Basé sur les compétences		+		
A.3.	Formulés par objectifs	+			
A.4.	Découpé en modules	+			
	<b>B. Qualités particulières</b>				
B.1	Pertinence (utilité sociale)	+			
B.2	Enchaînement logique des matières)		+		Module 3 pouvait devenir module 6
B.3	Applicabilité			+	
B.4	Adéquation (activités d'apprentissage et procédures d'évaluation			+	
B.5	Harmonisation (requiert des ressources disponibles			+	Question délicate d'équipement de laboratoire pour concrétiser les leçons
B.6	Basée sur le développement durable	+			
B.7	Connectivité aux pré-requis et à la formation suivante		+		La connectivité serait très bonne si le Module 1 de biologie 3è (Cytologie et Histologie) est appris vers la fin de l'année et aussi si la biologie 5è faisait directement suite avec la connectivité au module 6 de 4è
B.8	Volume horaire raisonnable		+		
B.9	Adaptation au niveau mental		+		Comment apprendre aux adolescents les thèmes de production des armes biologiques? (cultures de la haine ???) La succession des chapitres, accès au matériel
B.10	Processus d'auto-évaluation			+	
B.11	Rapport Théorie/pratique		+		
TS		7			
PS			4		
NS				4	
%		47,6 %	26,7%	26,7%	
	Moyenne pondérée				33,3%

Ce tableau montre qu'au point de vue structurel, le programme de biologie 4<sup>ème</sup> en vigueur en RD.Congo est satisfaisant jusqu'à 33%, et marquée par des insuffisances graves. Ce qui est au bas de l'échelle moyenne (50%).

La question fondamentale est de réviser ce programme pour lui conférer un caractère universel au niveau des pays francophones, ou même au niveau de la région des grands lacs africains. Les aspects d'auto-évaluation doivent être tenus en compte comme un élément support de l'approche par compétences et par objectifs [19].

Le tableau 5 suivant présente la cohérence du programme de biologie de 4<sup>ème</sup> année secondaire par rapport au niveau des compétences, en comparant les modules définis et les compétences développées. Cela correspond à la grille B.

Tableau 5. Analyse par compétences du programme de 4ème (Grille B)

Niveau: 4è	1 favorable, 0 = non favorable						
Date de publication: 2005							
Age des élèves: 15-16 ans							
Volume hebdomadaire: 4 heures							
Théorie: 2 heures par semaine							
Pratique: 2 heures par semaine							
Objectif terminal:	Au terme de l'enseignement de Biologie en 4è année secondaire, l'élève devra être capable d'expliquer le mode de vie des microbes ainsi que leurs conséquences sur la vie des hommes, des animaux et des plantes						
Modules	Contenus -matières	Développer de nouvelles connaissances	Résoudre les problèmes de vie auto-prise en charge	Développer et Exercer la créativité et expérimentation	S'adapter à de nouvelles situations	Exercer les responsabilités (capacité de prise de décision)	Communiquer et agir en groupe
<b>Module 1</b>	<b>La technique d'observation en biologie</b>						
	Observation microscopique : microscope photonique, microscope électronique	1	0	1	0	0	0
	Observation macroscopique (œil-loupe)	1	0	1	0	0	0
<b>Module 2</b>	<b>L'Etude des microbes (micro-organismes)</b>						
	Définition et historique (œuvre de Pasteur)	1	0	0	0	0	0
	Type de microbes	1	1	0	0	0	0
	Biologie des microbes	1	1	0	0	0	0
	Culture des microbes	1	0	1	0	0	0
	Rôle des microbes dans la nature	1	0	0	0	0	0
	Fermentations	1	0	1	0	0	1
	Maladies contagieuses	1	1	0	0	0	0
	Cycles biogéochimiques	1	0	0	0	0	0
<b>Module 3</b>	<b>L'action des microbes et la biotechnologie</b>						
	Production des aliments et boissons (fromage, yaourt, alcool éthylique)	1	1	1	1	1	1
	Production d'armes biologiques	1	1	1	0	1	1
	Production de médicaments (antibiotiques)	1	1	1	1	1	1
<b>Module 4</b>	<b>L'infection et la défense antimicrobienne</b>						
	Etapes de l'infection (ex. infection de la plaie)	1	1	1	1	1	0
	Défense naturelle	1	0	0	0	0	0
	Vaccin et sérum (historique, fabrication et applications)	1	1	0	0	1	0
<b>Module 5</b>	<b>Les maladies infectieuses</b>						
	Maladies bactériennes: tuberculose, gonococcie, choléra,	1	1	0	1	1	0
	Maladies virales: poliomyélite, SIDA, Fièvre hémorragique d'Ebola,...	1	1	0	1	1	0
	Maladies fongiques: candidoses, Moniliose, Aspergillose pulmonaire, Teigne tondante,...	1	1	0	1	1	0

Module 6	Les maladies parasitaires						
	Amibiase	1	1	0	1	1	0
	Maladies du sommeil	1	1	0	1	1	0
	Typhoïde	1	1	0	1	1	0
	Paludisme	1	1	0	1	1	0
Non favorable :	Moyenne pondérée : 47,8%	0 (0%)	8 (35%)	15 (65%)	13 (56,5%)	11 (47,8%)	19 (82,6%)
Favorables	Moyenne pondérée : 52,2%	23 (100%)	15 (65%)	8 (35%)	10 (43,5%)	12 (52,2%)	4 (17,4%)
Total	Nombre de matières alignées	23	23	23	23	23	23

De ce tableau il se dégage que sur 6 classes des compétences à développer auprès de l'élève, il n'y a que deux compétences qui sont plus prises en compte, au niveau de contenus-matières (N=23). Il s'agit notamment de : développement des connaissances théoriques et Aptitudes pour résoudre les problèmes de la vie pratiques. Les autres compétences sont en souffrance. Cette situation a toujours été décrite par nombreux auteurs sur l'incongruence entre les évaluations et les pratiques pédagogiques.

Les problèmes d'évaluation scolaires constituent des grands débats en milieu scolaire congolais [5],[18],[22]. Aussi, Roegiers [10] et ainsi que la CONFEMEN [11] soulignaient les efforts que les gouvernements africains doivent fournir pour promouvoir les approches par compétence dans le contexte de régionalisation des systèmes éducatifs. En effet, l'approche par compétence dans les systèmes éducatifs africains pose encore des problèmes sérieux, par rapport à l'acquisition de matériel didactique au sein des institutions et aussi la disponibilité des enseignants qualifiés [11].

Le tableau 7 correspondant à la grille C explique la cohérence du programme, en reliant les 6 modules définis, l'objectif terminal d'intégration, les objectifs spécifiques, les contenus-matières ainsi que les aptitudes d'évaluation.

**Tableau 6. Analyse de la cohérence du programme (Grille C)**

<b>Intitulé du programme: Biologie</b>	
<b>Niveau: 4<sup>e</sup> année</b>	
<b>Date de publication: 2005</b>	
<b>Age des élèves: 15-16 ans</b>	
<b>Volume horaire: 4 heures/ semaine</b>	
<b>Partie Théorique: 2 heures</b>	
<b>Partie pratique: 2 heures</b>	
<b>Objectif d'intégration terminal:</b> Au terme de l'enseignement de biologie en 4 <sup>e</sup> année secondaire, l'élève devra être capable d'expliquer le mode de vie des microbes ainsi que leurs conséquences sur la vie des hommes, des animaux et des plantes	

Niveau de cohérence du programme 1 = cohérence 0 = pas de cohérence			Modules (Mod) définis dans le programme						Aptitudes d'évaluation					Ev	observations	
Modules	Objectifs spécifiques	Contenus - matières	Objectif terminal	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5	Mod 6	Cn	Co	Ap	An			Sy
Module 1. Technique d'observation en biologie		La technique d'observation en biologie														
	Décrire les microscopes photonique et électronique	?	1		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Disponibilité des matériels didactiques (microscope) Pas de matières définies
	Réaliser le montage des préparations microscopiques	Observation microscopique : microscope photonique, microscope	1		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Ceci est hypothétique tant que ce sont les parents d'élèves qui

		électronique																	financent les écoles
	Explorer le monde macroscopique environnant	Observation macroscopique (œil-loupe)	1		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Module 2. Etude des microbes (microorganismes)</b>		<b>Module 2. L'Etude des microbes (micro-organismes)</b>																	
	Définir le microbe	Définition et historique (œuvre de Pasteur)	1	1		1	1	1	1	1	1	0	1	1	0				
	Identifier et expliquer les différentes sortes de microbes	Type de microbes	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
	Montrer que les microbes sont aussi des êtres vivants comme nous	Biologie des microbes	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1			
	Cultiver les microbes	Culture des microbes	1	1		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		Des travaux pratiques planifiées mais où est le laboratoire ??
	Citer et démontrer l'influence des agents extérieurs sur la vie des microbes	Mise en évidence de l'action des quelques facteurs externes	1	0		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		Des travaux pratiques conçus mais où se trouve le laboratoire ?
	Expliquer l'action des microbes dans la nature	Rôle des microbes dans la nature	0	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		Pas de matières en lien avec les maladies des plantes et des animaux comme énoncé dans l'OTI
		Fermentations	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
		Maladies contagieuses	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Incohérence dans la succession des leçons avec Module 3
	Expliquer les cycles biogéochimiques	Cycles biogéochimiques	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Adapté avec le niveau de 5 <sup>e</sup> année
<b>Module 3. Action des microbes et biotechnologie</b>		<b>L'action des microbes et la biotechnologie</b>																	
	Produire quelques aliments et boissons en utilisant les microorganismes	Production des aliments et boissons (fromage, yaourt, alcool éthylique)	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Montrer que la non satisfaisante	Production d'armes	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Inadapté aux adolescents

	utilisation des microbes constitue un danger pour la société	biologiques																
	Démontrer, à l'aide des exemples l'importance des microbes dans la vie de l'homme	Production de médicaments (antibiotiques)	1	1	1		1	1	1	1	1	0	1	1	1			
<b>Module 4. Infection et défense antimicrobienne</b>		<b>L'infection et la défense antimicrobienne</b>																
	Etablir la chronologie des étapes de l'infection	Etapes de l'infection (ex. infection de la plaie)	1	1	1		1	1	1	1	0	1	1	1				
	Décrire les mécanismes de défense naturelle de l'organisme	Défense naturelle	1	1	1			1	1	1	1	0	1	1	1			
	Expliquer le mécanisme d'action des vaccins	Vaccin et sérum (historique, fabrication et applications)	1	1	1			1	1	1	1	0	1	0	0			Incompatibilité avec les travaux pratiques et non adaptées aux thèmes d'enquêtes épidémiologiques
<b>Module 5. Maladies infectieuses</b>		<b>Les maladies infectieuses</b>																
	Décrire les différentes maladies et leurs agents causaux	Maladies bactériennes : tuberculose, gonococcie, choléra, ...	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1			
	Développer les symptômes de chacune d'elles	Maladies virales: poliomyélite, SIDA, Fièvre hémorragies d'Ebola, ...	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1			
	Identifier les moyens de lutte	Maladies fongiques: candidoses, Moniliase, Aspergillose pulmonaire, Teigne tondante, ...	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1			
	Décrire les méthodes de diagnostic		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1			
<b>Module 6. Maladies parasitaires</b>		<b>Les maladies parasitaires</b>																
	Décrire les différentes maladies et leurs agents causaux	Amibiase	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1			

	Développer les symptômes de chacune d'elles	Maladies du sommeil	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	Etudier les 6 maladies parasitaires retenues par l'OMS
	Identifier les moyens de lutte	Typhoïde (???)	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
	Décrire les méthodes de diagnostic	Paludisme	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
<b>Scores</b>	<b>1=238</b>																
<b>Score</b>	<b>0 = 70</b>																
<b>Total scores</b>	<b>= 308</b>																

1= cohérence 0 = pas de cohérence Cn = Connaissances Co = compréhension Ap = Application An = Analyse Sy = Synthèse Ev = Evaluation Mod = module ? = rien n'est défini par le programme

### 3.3 ECHELLE D'ÉVALUATION DE L'ADEQUATION DU PROGRAMME DE BIOLOGIE DE 4<sup>EME</sup> ANNEE

Comme souligné dans la méthodologie, le degré de l'adéquation du programme (DAP) est déterminé en calculant la somme des moyennes pondérées des valeurs maximales (**VMp**) et les valeurs minimales (**Vmp**) des trois grilles d'évaluation dénommées respectivement A, B et C (tableaux 4, 5 et 6).

Ainsi,

**Valeurs maximales pondérées (VMp)** du programme =  $[V_{max}(\text{grille A}) + V_{max}(\text{grille B}) + V_{max}(\text{grille C})]/3 = 47,6\% + 52,2\% + 77\% / 3 = 58,9\%$

**Valeurs minimales pondérées (Vmp)** du programme =  $[V_{min}(\text{grille A}) + V_{min}(\text{grille B}) + V_{min}(\text{grille C})]/3 = (26,7\% + 47,8\% + 23\%) / 3 = 32,5\%$

Degré d'Adéquation du programme (DAP) =  $(VMp + Vmp)/2 = (58,9\% + 32,5\%) / 2 = 45,7\%$

Par ces résultats, il se démontre que le Degré d'Adéquation du programme (DAP) est de 45,7%. Ce pourcentage est nettement inférieur à 65%. Cela signifie que ce programme n'est plus acceptable comme outil pédagogique des moments présents. Il mérite être révisé et adapté au contexte actuel.

De manière générale, ce programme n'est pas bien structuré par rapport aux normes universelles, et n'adopte pas efficacement l'approche par compétences. Cela se démontre bien dans la structuration des contenus et même dans les activités des travaux pratiques connus. Quant à la cohérence du contenu- matière et des objectifs spécifiques et l'objectif terminal d'intégration (OTI) formulés ainsi que des aptitudes à développer auprès des élèves, il se démontre un certain niveau de manque de logique. Et les contenus matière sont tellement flous pour faciliter les situations d'apprentissage.

Ce programme est inefficace pour développer chez l'apprenant des connaissances suffisantes, pertinentes et adéquates pouvant lui permettre de développer des aptitudes personnelles au cours de l'apprentissage.

### DISCUSSION

Cette grille permet de mettre en place un modèle d'analyse des programmes qui permettrait de mieux évaluer le potentiel du programme scolaire et aussi de permettre une auto-évaluation au cours des activités pédagogiques, en regard au programme en vigueur [14], intégrant davantage les éléments du socioconstructivisme (approches globales qui placent l'étudiant en situation de se construire) et de développement durable axé sur les approches par compétences dans les activités d'apprentissages [6],[8],[9], [11],[14], [18],[20],[23].

Autrement dit, mettre en place une grille d'analyse des programmes est une activité important tant au niveau des concepteurs des programmes (pour leur permettre de lire les questions des pertinences, l'adéquation et d'adaptation) qu'au niveau des utilisateurs (enseignants/apprenants pour leur permettre de développer des processus d'évaluation/ et d'auto-évaluation plus critiques et plus constructifs).

C'est un exercice passionnant de traiter de l'évaluation des apprentissages, à travers l'élaboration d'un outil de gestion / et de suivi des programmes, lesquels nécessitent une révision suivant les contextes et les dynamiques sociales [24].

## **CONCLUSION**

Ce travail est un exercice effectué au laboratoire des Didactiques des Disciplines de l'Institut Supérieur pédagogique (ISP) de Bukavu, et se propose de mettre en place une grille d'analyse des programmes scolaires de l'enseignement de Biologie au secondaire en RD.Congo. A la différence des autres grilles observables au niveau-macro, celle-ci est basée sur des cotations chiffrées. Elle préserve les législateurs et évaluateurs de spéculations pour réviser le programme scolaire.

Cette grille repose sur trois niveaux d'évaluations dans une logique dichotomique :

- Evaluation du niveau structurelle du programme (sa logique de conception), en tenant compte de l'universalité des programmes;
- Evaluation du niveau de cohérence entre les composantes du programmes (modules, objectifs définis, aptitudes à évaluer) ;
- Evaluation du niveau d'intégration de l'approche par compétence, laquelle se démontre à travers les contenus-matières;

Le calcul du degré d'adéquation du programme (DAP) repose la détermination de la somme des moyennes des valeurs maximales pondérées (VMp) et des moyennes des valeurs minimales (Vmp) attribuées aux trois grilles prises ensemble dénommées respectivement A, B et C.

Ce modèle a été testé sur le programme de biologie de 4<sup>ème</sup> donne dont l'essentiel est axé sur la microbiologie en vue d'estimer son opérationnalisation et sa transposition sur l'analyse d'autres programmes.

Le programme de biologie 4<sup>ème</sup> révèle une adéquation de 45,7%. Ce pourcentage est nettement inférieur à 65%. Cela signifie que ce programme n'est plus acceptable comme outil pédagogique des moments présents. Il mérite être révisé et adapté au contexte actuel.

Toutefois, la grille conçue est applicable dans toutes les branches inscrites dans les programmes d'apprentissage dans les écoles secondaire. Sa validation et son applicabilité sont sujettes à une série de tests d'efficacité de l'outil sur différents programmes d'enseignements.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient vivement le professeur André Giordan du Laboratoire de Didactique et Epistémologie des Sciences de l'Université de Genève (Suisse), pour la révision totale de ce manuscrit.

## REFERENCES

- [1] M. Kaningini, *Etude historique et critique des programmes scolaires de la RDCongo*. Programme de Troisième Cycle de Didactiques de Disciplines, ISP-Bukavu, 2013.
- [2] S. Levesque, *Analyse du programme d'histoire du Québec et du Canada sous l'angle de la socialisation politique*. Mémoire de Maîtrise, Université de Laval, 1997.
- [3] S.E.Boudamoussi, *Evaluation des objectifs du programme APQUA scolaire 12-16: Formulation et analyse de cohérence*. Thèse de doctorat, Univ. Rovira I Virgili, Taragona., 2002.
- [4] F.N. Paris, « Evaluation des programmes pour définir et organiser l'enseignement des langues vivantes étrangères », *Revista Internacional de Filologia* vol.28, pp. 255-258, 2005.
- [5] Isumbisho, M.P. & Bugeme, Z., *La Didactique des Disciplines et le droit de l'homme dans les Ecoles secondaires partenaires du Lycée Cirezi dans la ville de Bukavu*. Editions du CERUKI, p 420, 2013.
- [6] DEPARTMENT OF EDUCATION – REP. OF SOUTH AFRICA., *National curriculum statement assessment guidelines for general education and training (intermediate and senior phase)*. Life orientation, Pretoria., s.d.
- [7] P. Clément « Thèmes, thèses et tendances ». INRP, *Aster* 27: 57-93, 1998
- [8] L. Savard, *Approches par compétences. Guide d'élaboration des activités d'apprentissage. Phase 1. Elaboration du programme d'études local*. 2004.
- [9] Tabezi B.,G. & Mukiekie, « Cours d'étude des Programmes scolaires». *Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education., Deuxième Graduat, Université de Kisangani*, 2013.
- [10] X. Roegiers, « L'approche par compétences en Afrique francophone ; Quelques tendances », *BIE, UNESCO*, 2008.
- [11] CONFEMEN, *Enseignement secondaire et perspectives. Document de réflexion et d'orientation*. Dakar, 2009.
- [12] [www.inrp.fr/vst,2008](http://www.inrp.fr/vst,2008), lue ce 15 avril, 2014
- [13] [www.hip.watsan.net/page/5009](http://www.hip.watsan.net/page/5009) lu 6 mars 2014
- [14] F. Lavoie, *Elaboration des programmes d'études professionnelles. Cadre général-techniques. Gouvernement du Québec*, Ministère de l'Éducation, Québec, 2002.
- [15] NCCA, *Assessment in primary school curriculum – Guidelines for schools*, 2006.
- [16] A. Loucif, *L'Évaluation des apprentissages dans les nouveaux programmes, Inspection de l'Éducation et Formation Orientation scolaire et professionnelle*, Cameroun, s.d
- [17] Gazzola, N. & Samson A., *Sustaining quality curriculum in Guidance and Career Education in Ontario – Report submitted to the Ontario Ministry of Education*, Faculty of Education, University of Ottawa, 2003.
- [18] B.P. Bapolisi, *Techniques d'évaluation en apprentissage scolaire. Séminaire de Didactiques des Disciplines*, DEA, ISP-Bukavu, 2013.
- [19] G. Scallon, *Approches par compétences et évaluation*. INRP, 2005.
- [20] EDIDEPS, *Programme national de Biologie*. Direction des programmes scolaires et matériels didactiques. Kinshasa, 2005.
- [21] Y. Chevallard, *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné*. Ed. la pensée sauvage. Grenoble, 1985,
- [22] T. Ladjili, *Évaluation du travail de l'élève*, ed. Cabay, Communication personnelle, 2011.
- [23] Lavoie, F., & Tremblay C., *Guide pour l'évaluation des compétences et l'élaboration des épreuves aux fins de la sanction*. Ministère de l'éducation, du Loisir et du Sport, Gouvernement du Québec, 2008
- [24] G.K. Muzalia, « *La Didactique des Disciplines et le droit de l'homme dans les Ecoles secondaires partenaires du Lycée Cirezi dans la ville de Bukavu* ». Editions du CERUKI, 2013.

## Synthesis, Characterization, Theoretical studies and Photostability of Mefenamic acid Derivative with some divalent metal ions

Adil A. Awad<sup>1</sup>, Rehab A. M. Al-Hasani<sup>1</sup>, and Emad A. Yousif<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Mustansirya University, College of Science, Department of Chemistry, Baghdad, Iraq

<sup>2</sup>Al-Nahrain University, College of Science, Department of Chemistry, Baghdad, Iraq

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:** A new Mefenamic acid derivative [(4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl)aminophenyl)-1,2,4-triazole-3-thionyl)(L)], was synthesized and characterized by (FT-IR), UV-Vis and <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C-NMR Spectroscopy as well as elemental analysis (C.H.N). [L] has been used as a chelating ligand to prepare some complexes of (Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II)) ions. The prepared complexes were identified and their geometries were suggested in solid state by using (FT-IR) and (UV-Vis) spectroscopy, elemental analysis (C.H.N), Flame atomic absorption technique, in addition to magnetic susceptibility and conductivity measurements. The work also includes a theoretical treatment of the formed complexes in the gas phase, this was done using the (hyperchem-8) program for the molecular mechanics and semi-empirical calculations. The heat of formation ( $\Delta H_f^\circ$ ) and binding energy ( $\Delta E_b$ ) for ligand and their complexes were calculated by (PM3) method at 298 K°. It was found that the ligand [L] and its metal complexes were stable, which agreed well with the experimental studies in solid state. Furthermore, the electrostatic potential of the free ligand [L] was calculated to investigate the reactive sites of the molecules. PM3 was used to evaluate the bond length and vibrational spectra for the ligand [L] and their metal complexes then comparing with the experimental values.

The work, which also included the induced photostabilization of (PVC) film in air was investigated in the absence and presence of [L] and its complexes with transition metals (Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II)) by accelerated weathering tester. Polymer has been mixed with these complexes in solvent which containing of complex 0.5 % by weight. The photostabilization activity of these compounds was determined by monitoring the carbonyl ( $I_{CO}$ ), polyene ( $I_{PO}$ ) and hydroxyl ( $I_{OH}$ ) indexes, weight loss method with irradiation time. It was found that the ( $I_{CO}$ ) ( $I_{PO}$ ) and ( $I_{OH}$ ) indexes values increased with irradiation time and this increase depends on the type of additives.

**KEYWORDS:** Triazole, Photochemistry, Metal complexes, PVS, UV light, Theoretical treatment, photostability.

### 1 INTRODUCTION

1, 2, 4-Triazole constitutes an interesting group of heterocyclic compounds containing three 'N' atoms in a 5-membered ring, and its derivatives represent some of the most biologically active classes of compounds possessing a wide spectrum of biological and pharmacological properties (Jones et al., 1965; Goswami et al., 1984; Holla et al., 1987; Abdon et al., 1990; Mishra et al., 1991; Street et al., 1995). There are known drugs containing the 1,2,4-triazole group e.g. Triazolam (Brucato et al., 1978), Alprazolam (Raslan et al., 2003), Etizolam, and Furacylin (Singha et al., 2012). N4-amino and 3-thione of 1,2,4-triazoles with substitution at 5-position have been studied as anti-inflammatory and antimicrobial agents (Awad et al., 2008). An important and versatile class of well-established biologically active compounds are those with the -N-C=S moiety ("soft" sulfur atom besides the "hard" nitrogen). This group is found in many basic structures of drugs either to be part of an open chain, e.g. thiocarbamates, isothiocyanates and thiosemicarbazides or involved in heterocyclic ring, e.g. mercapto derivatives of triazoles, oxadiazoles and thiodiazoles (Guveli and Ulkuseven, 2011; Alagöz et al., 2009; Jaiswal, 2012). In this work, we report the preparation of the new (4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl)aminophenyl)-1,2,4-triazole-3-thionyl) as a ligand (L), in an attempt to introduce the Mefenamic acid substituted at 5-position in the structure of 4-amino-3-thione-1,2,4-triazole

ring, to investigation of the coordination behavior of the prepared new ligand(L) compound towards[Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II)] metal ions. Theoretical study in the gas phase by using semi-empirical method in order to show the most stable conformation and to compare this results with the experimental data. Also the prepared complexes of (4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl) aminophnyl) -1,2,4-triazole-3-thion ) were used to enhance the photostabilization Polymer(PVC),by mixing with these complexes in solvent which containing 0.5 % by weight of complex, which produced by the casting method from THF solvent. The photostabilization of polymer films were studied at room temperature under irradiation of light  $\lambda=313$  nm wave lengt with intensity  $6.02 \cdot 10^{-9} \text{Ein Dm}^{-3} \text{S}^{-1}$ . The photostabilization activity of these compounds was determined by monitoring the carbonyl ( $I_{CO}$ ), polyene ( $I_{PO}$ ) and hydroxyl ( $I_{OH}$ ) indexes, weight loss method with irradiation time. It was found that the ( $I_{CO}$ ), ( $I_{PO}$ ) and ( $I_{OH}$ ) indexes values increased with irradiation time and this increase depend on the type of additives. (Andrady et al., 1988; Grassie and Scott, 1985).

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **2.1 INSTRUMENTATION**

Melting-points were recorded on a Gallenkamp MF B600 010F melting point apparatus .Elemental analyses (C.H.N.S) were obtained using EA-034 .mth. for ligand and their metal complexes. Bruker Spectrophotometer model ultra-shield at 300 MHz(H-NMR and  $^{13}\text{C}$ ) .Metal contents of complexes were estimated spectrophotometrically using Flame atomic absorption Shimadzu-670 AA Spectrophotometer. Infrared spectra were recorded using FT-IR-8300 Shimadzu in the range of (4000-400)  $\text{cm}^{-1}$ . Magnetic susceptibilities of samples in the solid state were measured by using a Bruker BM6 magnetic balance. The molar conductivity was measured by using Electrolytic Conductivity Measuring set Model MC-1-Mark V by using platinum electrode (EDC 304) with cell constant ( $1\text{cm}^{-1}$ ), concentration ( $10^{-3} \text{M}$ ) in dimethylformmide as a solvent at room temperature. Electronic spectra were obtained using UV-1650PC-Shimadzu Spectrophotometer at room temperature, the measurement were recorded using a concentration of ( $10^{-3}\text{M}$ ) of the (L) ligand and their metal complexes in dimethylformmide as a solvent.

### **2.2 SYNTHESIS OF LIGAND (L)**

The (L) was prepared starting from Mefenamic acid (MFA) according to the general steps (Beat et al.,1975; Mahajan et al.,2011; Mandal et al.,2011),scheme(1).

#### **2.2.1 PREPARATION OF(2-(2,3-DIMETHYL PHENYL)AMINO ETHYL BENZOATE( $G_1$ ))**

Sulphuric acid (8 ml) was added dropwise with continuous stirring to a solution of carboxylic acid (Mefenamic acid) (0.1 mol) in 200ml ethanol. The mixture was heated under reflux for 10 hours. On cooling, the mixture was poured on to crushed ice , the precipitated crystalline solid was filtered, washed with water, followed by 10% sodium hydrogen carbonate solution and finally with water then the crude product was recrystallized from ethanol, to give (84%) yield of compound ( $G_1$ ),off white crystal with melting point ( $108-110$ ) $^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.2.2 PREPARATION OF(2-(2,3-DIMETHYL PHENYL)AMINO ETHYL BENZOHYDRAZIDE ( $G_2$ ))**

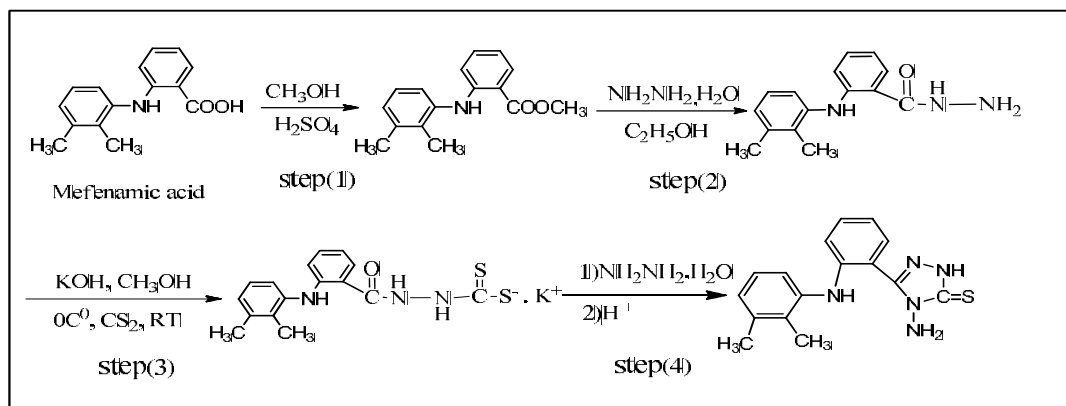
Ester of ( $G_1$ ) (0.1 mol) was dissolved in absolute ethanol (50ml). To the above solution was added hydrazine hydrate 80% (0.1mol). The resulting reaction mixture was refluxed on a steam bath for10-12 hours. On cooling, cold water (150 ml) was added to the mixture and the separated white crystalline solid was filtered, washed with cold water, dried and crystallized from ethanol, to give (82%) yield of compound ( $G_2$ ), white colors with melting point ( $156-158$ ) $^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.2.3 PREPARATION OF (2-(2,3-DIMETHYL PHENYL)AMINO ETHYL BENZOYL)HYDRAZINE CARBODITHIOATE ( $G_3$ ))**

Compounds ( $G_2$ ) (0.05 mol) was treated with a solution of potassium hydroxide(0.0643 mol) in ethanol (70 ml) at  $0^{\circ}\text{C}$  with stirring, then (7 ml) of carbon disulfide was added dropwise and the reaction mixture was stirred overnight at room temperature. The solid product ( $G_3$ ) was filtered, washed with cold methanol and dried.

### 2.2.4 PREPARATION OF LIGAND(4-AMINO-5-(2-(2,3-DIMETHYLPHENYL)AMINOPHENYL)-1,2,4-TRIAZOLE-3-THION)(L)

A mixture of compound ( $G_3$ ) (0.05 mol) and 80% hydrazine hydrate (10 ml) was heated under reflux till the evolution of hydrogen sulphide completely down (about 6 hour). On cooling, water (200 ml) was added and the mixture was neutralized with 10% hydrochloric acid and allowed to stand for three hours. The separated crude product was filtered, washed with water, dried and crystallized from ethanol, to give (80%) yield of compound (L), white powder with melting point (215-217) °C.



*Scheme 1 Synthesis of Ligand (L)*

### 2.2.5 PREPARATION OF METAL COMPLEXES OF (L) [ $A_1 - A_5$ ]

The salts of  $[\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ,  $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ ,  $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  and  $[\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  were dissolved in ethanol and added to an ethanolic solution of (L) in (1:2) (metal : ligand) mole ratio respectively with stirring. The reaction mixture was heated under reflux for (4) hours, during this time a precipitate was formed. The product was filtered off, washed with hot ethanol, followed by cold water and then dried under vacuum. All complexes were identified by elemental analysis (C.H.N), flame atomic absorption, FT-IR and Uv-Vis spectrophotometers, magnetic and conductivity measurements.

## 3 PROGRAMS USED IN THEORETICAL CALCULATION

### 3.1 HYPERCHEM-8

It is a sophisticated molecular modeler editor and powerful computational package, that is known for its quality, flexibility and ease of use, uniting 3D visualization and animation with quantum chemical calculations, mechanic and dynamic (Stewart et al,1996;Cook,1998).

### 3.2 TYPES OF CALCULATION

a) Single point, b) Geometry optimization, c) Vibrational frequency, d) Bond length

### 3.3 COMPUTATIONAL METHODS

Hyperchem offers ten semi-empirical molecular orbital methods, with options for organic and main group compounds for transition metal complexes and spectral simulation (Choinacki and Pruchnik,2001; Nahari,2007). Choose parameterization model version 3 (PM3) which including transition metals. PM3 were used for the calculation of heat of formation, binding energy total energy and bond length for all metal complexes.

## 4 PHOTOSTABILIZATION OF POLYMER

### EXPERIMENTAL TECHNIQUES

#### 4.1 FILMS PREPARATION

Commercial PVC supplied by Petkim Company (Turkey) was re-precipitated from THF solution by times and finally dried under vacuum at room temperature for 24 hours. Fixed concentrations of poly vinyl chloride solution (5 g/100 ml) in THF were used to prepare polymer films with 40  $\mu\text{m}$  thickness (measured by a micrometer type 2610 A, Germany). The films were prepared by evaporation technique at room temperature for 24 hours (Yousif et al.,2009). To remove the possible residual THF solvent, film samples were further dried at room temperature for three hours under reduced pressure. The films were fixed on stands specially used for irradiation. The stand is provided with an aluminum plate (0.6 mm in thickness) supplied by Q-panel company.

#### 4.2 IRRADIATION EXPERIMENTS

Accelerated testing technique Accelerated weatherometer Q.U.V. tester (Q. panel, company, USA), was used for irradiation of PVC films. The accelerated weathering tester contains stainless steel plate, which has two holes in the front side and a third one behind. Each side contains a lamp (type Fluorescent Ultraviolet Lights) 40 Watt each. These lamps are of the type UV-B 313 giving spectrum range between 290–360 nm with a maximum wavelength 313 nm. The polymer film samples were vertically fixed parallel to the lamps to make sure that the UV incident radiation is perpendicular to the samples. The irradiated samples were rotated from time to time to ensure that the intensity of light incident on all samples is the same.

#### 4.3 PHOTODEGRADATION MEASURING METHODS

##### A. MEASURING THE PHOTODEGRADATION RATE OF POLYMER FILMS USING INFRARED SPECTROPHOTOMETRY

The degree of photodegradation of polymer film samples was followed by monitoring FTIR spectra in the range 4000–400  $\text{cm}^{-1}$  using FTIR 8300 Shimadzu Spectrophotometer. The position of carbonyl absorption is specified at 1720  $\text{cm}^{-1}$ , the hydroxyl group at 3450  $\text{cm}^{-1}$  and 1604  $\text{cm}^{-1}$  is due to polyene group. The progress of photodegradation during different irradiation times was followed by observing the changes in carbonyl and hydroxyl peaks. Then carbonyl and hydroxyl indices were calculated by comparison of the FTIR absorption peak at 1720, 3450 and 1604  $\text{cm}^{-1}$  with reference peak at 1450  $\text{cm}^{-1}$ , respectively. This method is called band index method which includes as shown in equation (1)

$$I_s = A_s/A_r \quad (1)$$

where

$A_s$  = Absorbance of peak under study,  $A_r$  = Absorbance of reference peak,  $I_s$  = Index of group under study

Actual absorbance, the difference between the absorbance of top peak and base line (A Top Peak – A Base Line) is calculated using the Base Line method.

##### B. DETERMINATION OF AVERAGE MOLECULAR WEIGHT $M_v$ USING VISCOMETRY METHOD.

The viscosity property was used to determine the average molecular weight of polymer, equation (2), using the Mark-Houwink relation.

$$[\eta] = KM^\alpha \quad (2)$$

where:

$[\eta]$  = The intrinsic viscosity,  $K$ ,  $\alpha$  are constants depending upon the polymer-solvent

The intrinsic viscosity of a polymer solution was measured with an Ostwald U-tube viscometer. Solutions were made by dissolving the polymer in a solvent (g/100 ml) and the flow times of polymer solution and pure solvent are  $t$  and  $t_0$  respectively. Specific viscosity ( $\eta_{sp}$ ) was calculated as follows, equation (3):

$$\eta_{re} = \frac{t}{t_0} \quad (3)$$

Where:  $\eta_{re}$  = Relative viscosity.

$$\eta_{sp} = \eta_{re} - 1 \quad (4)$$

The single – point measurements were converted to intrinsic viscosities by the equation (5):

$$[\eta] = \left(\sqrt{2}/c\right) (\eta_{sp} - \ln \eta_{re})^{1/2} \quad (5)$$

Where :  $C$  = Concentration of polymer solution (g/100 ml)

By applying equation (5), the molecular weight of degraded and undergirded polymer can be calculated. Molecular weights of PVC with and without additives were calculated from intrinsic viscosities measured in THF solution using the following equation (6):

$$[\eta] = 4.17 \times 10^{-4} Mv^{0.6} \quad (6)$$

## 5 RESULTS AND DISCUSSION:

### PART (I) STUDY COMPLEXES IN SOLID STAT

#### A-ELEMENTAL ANALYSES

The physical and analytical data of the (L) ligand and [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>] metal complexes are given in Table (1). The results obtained from elemental analysis are in satisfactory agreement with the calculated value. The suggested molecular formula was also supported by spectral measurement as well as magnetic moment. The new (L) ligand was soluble in common organic solvents such as (ethanol, acetone and methanol), whereas [A<sub>1</sub> –A<sub>5</sub>] of new complexes colored crystalline solid complexes were soluble in (CHCl<sub>3</sub>, DMF and DMSO).

Table 1 Physical data for Ligand (L) and its metal complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>]

Comp NO.	Color	Melting point	Yield %	Metal analysis found Calc.					Suggested formula
				C%	H%	N%	S%	M%	
L	White	215-217	80	61.73 62.02	5.47 5.61	22.51 22.95	10.29 11.06	-	(C <sub>16</sub> H <sub>17</sub> N <sub>5</sub> S)
[A <sub>1</sub> ]	Brown	234d	90	54.07 54.92	5.01 5.22	17.52 18.09	8.01 8.43	7.37 7.12	[Co(C <sub>32</sub> H <sub>34</sub> N <sub>10</sub> S <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ]
[A <sub>2</sub> ]	Yellowish green	260d	78	54.09 54.75	5.01 5.16	17.53 17.85	8.01 8.22	7.35 7.50	[Ni(C <sub>32</sub> H <sub>34</sub> N <sub>10</sub> S <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ]
[A <sub>3</sub> ]	Dark green	250d	88	53.76 54.91	4.98 5.03	17.42 16.99	7.97 8.33	7.90 7.32	[Cu(C <sub>32</sub> H <sub>34</sub> N <sub>10</sub> S <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ]
[A <sub>4</sub> ]	Off white	200d	90	53.64 54.11	4.97 5.36	17.38 17.64	7.95 8.44	8.12 8.32	[Zn(C <sub>32</sub> H <sub>34</sub> N <sub>10</sub> S <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ]
[A <sub>5</sub> ]	Off white	270d	85	50.62 51.23	4.69 5.08	16.40 16.89	7.49 8.25	13.17 12.97	[Cd(C <sub>32</sub> H <sub>34</sub> N <sub>10</sub> S <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ]

#### B- NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTRA

##### (1) PROTON NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTRA OF (L)

The nuclear magnetic resonance spectra of the newly synthesized ligand (L) gave satisfactory spectra data and the molecular structure was assigned on the basis of <sup>1</sup>H.N.M.R chemical shifts. The spectra were determined in d<sub>6</sub>DMSO solution as an internal reference. According to the results obtained from the chemical shifts spectra, the molecular structure of the

ligand can be illustrated :  $\delta H_{(1,2)}=2.095-2.281\text{ppm}(6H,s,CH_3)$ ,  $\delta H_{(3)}=5.3\text{ppm}(2H,s,NH_2)$ ,  $\delta H_{(4)}=9.47\text{ppm}(1H,s,NH)$ ,  $\delta H_{(5)}=12.41\text{ppm}(1H,s,NH)$ ,  $\delta Ph=6.706-7.89\text{ppm}(7H)$  Figure.(1).

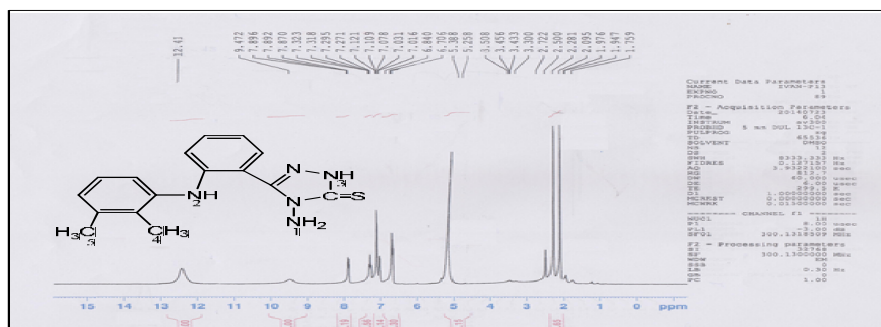


Figure 1 The <sup>1</sup>H-NMR spectral of (L)

## (2) <sup>13</sup>C NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTRA OF (L)

The data of <sup>13</sup>C-NMR 1,2,4-triazole displayed good solubility in DMSO. The data gave additional support for the composition of the complexes. The observed changes are evidences of complexation had happened because the chemical shift of a compound is heavily depended on its electronic environment, Fig(2) C<sub>(1)</sub>=169.615, C<sub>(2)</sub>=161, C<sub>(3)</sub>=148, C<sub>(4)</sub>=138, C<sub>(5)</sub>=137, C<sub>(6)</sub>=134, C<sub>(7)</sub>=131.64, C<sub>(8)</sub>=131.17, C<sub>(9)</sub>=126.18, C<sub>(10)</sub>=125.94, C<sub>(11)</sub>=122.13, C<sub>(12)</sub>=116.55, C<sub>(13)</sub>=113.02, C<sub>(14)</sub>=111.29, C<sub>(15)</sub>=20.16, C<sub>(16)</sub>=14.37

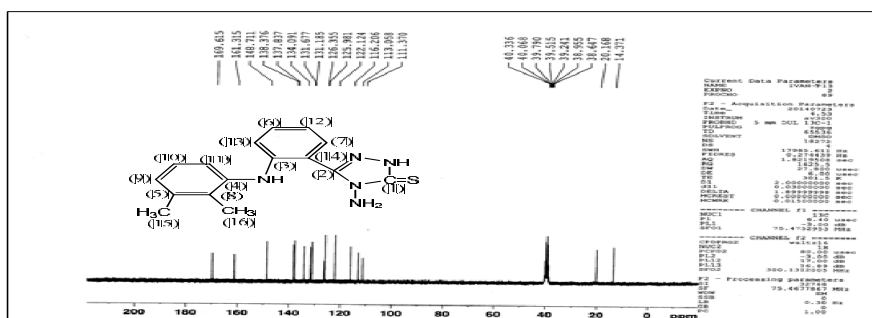


Figure 2 The <sup>13</sup>C-NMR spectral of (L)

## C- INFRARED SPECTROSCOPIC STUDY

The characteristic stretching vibration modes concerning (L) and its metal complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>] are described in Table (2). (L) exhibited band at(3439),(3209,3269),(1643),(1041),(1591),(1380),(976,956) and (804)cm<sup>-1</sup>, these can be assigned to ν(NH), (ν<sub>s</sub>NH<sub>2</sub> and ν<sub>as</sub> NH<sub>2</sub>), νC=N, νC=S,(δNH, νC=N, Thioamid(I)), (νC=N+νC=S, Thioamid (II)), ( νN...C...S, Thioamid(III)) and ν(C-S),Thioamid (IV)) respectively[20]. In all complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>], the ligand (L) behave as a bidentate coordinating with metal through sulfur of thiocarbonyl and nitrogen of amino group, therefor the bands due to ν(C=S), (ν<sub>s</sub> and ν<sub>as</sub> of NH<sub>2</sub>) and four (I-IV) thioamide bands were shifted to a lower frequency as in Table (2). As well as a new bands for complexes (A<sub>1</sub>and A<sub>2</sub>) in the region (1521,1537)cm<sup>-1</sup>wich may be assigned to the asymmetric vibration of coordinated carboxylate groups (ν<sub>as</sub>coo<sup>-</sup>) and the bands in the region (1302-1305)cm<sup>-1</sup> may be attributed to the symmetric vibration of carboxylate group (ν<sub>s</sub>coo<sup>-</sup>)(Silvertein and Bassler,1980; Silverstein et al.,2005). The large differences between the frequencies of [ν<sub>as</sub>(coo<sup>-</sup>)] and [ν<sub>s</sub>(coo<sup>-</sup>)],[Δν>200cm<sup>-1</sup>] in [A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub>] complexes are indicative of the involvement of the coordination of the carboxylate groups to the metal ion in a monodentate fashion (Silvertein and Bassler,1980; Nakamoto,1997).On Comperision with [A<sub>1</sub>] and [A<sub>2</sub>] complexes, the newly synthesized copper, zinc and cadmium complexes[A<sub>3</sub>,A<sub>4</sub> and A<sub>5</sub>] show appearance of new bands in the region (1655-1665cm<sup>-1</sup>) which may be assigned to the vibration of un coordinated carboxylate groups. Other low intensity bands observed in the region (445-460 ),(518-520) and (523-544 )cm<sup>-1</sup> are attributed to ν(M-S) and ν(M-N) respectively in the all complexes except (A<sub>1</sub>and A<sub>2</sub>) and ν(M-O) in the case of (A<sub>1</sub>and A<sub>2</sub>) complexes modes respectively (Qurban,2011; Nakamoto,1997)

Table 2 stretching vibrational frequencies ( $\text{cm}^{-1}$ ) located in the FT-IR spectra of (L) and their metal complexes

Comp. No.	$\nu_{\text{C=S}}$	$\nu_{\text{C=N}}$	$\nu_{\text{NH}_2}$ (as,s)	$\nu_{\text{NH}}$	$\nu_{\text{COO}^-}$ (as,s)(Coord.)	$\nu_{\text{COO}^-}$ uncoord.	M-N	M-S	M-O
L	1041	1643	(3269,3209)	3439	-	-	-	-	-
[A <sub>1</sub> ]	1020	1640	(3252,3212)	3441	(1537,1305)	-	530	459	523
[A <sub>2</sub> ]	1030	1643	(3263,3211)	3440	1512,1302)(	-	532	457	540
[A <sub>3</sub> ]	1030	1640	(3252,3200)	3439	-	1665	529	460	-
[A <sub>4</sub> ]	1022	1640	(3252,3194)	3440	-	1655	530	455	-
[A <sub>5</sub> ]	1030	1645	(3240,3155)	3442	-	1660	533	454	-

**D-Electronic Spectra, Magnetic susceptibility and conductivity measurements** .(Figgis,2000;Hassan et al., 2008; Ibraheem et al.,2010; Thakar et al.,2010).

The electronic spectra of the free ligands (L) and their complexes (A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>) were recorded in chloroform solution. The spectrum of (L) shows a strong band at  $42194\text{cm}^{-1}$ , which is attributed to  $\pi \rightarrow \pi^*$  and another at  $31545, 29411\text{cm}^{-1}$  due to  $n \rightarrow \pi^*$ .

**A<sub>1</sub>**: The measured magnetic moment was (4.2 B.M) this show the cobalt ion it,s brown complex typical of  $d^7$  system with three unpaired electrons indicating a quartet state and suggest high spin octahedral geometry. The electronic spectrum of the brown (A<sub>1</sub>) complex in chloroform exhibited two bands at  $15384$  and  $18691\text{cm}^{-1}$ , assignable to  ${}^4\text{T}_{1g} \rightarrow {}^4\text{A}_{2g(\text{F})}$  and  ${}^4\text{T}_{1g} \rightarrow {}^4\text{T}_{1g(\text{P})}$  transitions respectively for an octahedral geometry of Co(II). The value of various ligand filed parameters ( $\nu_1, \mathbf{B}^-, \beta$  and  $\mathbf{Dq}$ ) have been calculated using (Tanabe-Sugano diagram) for  $d^7$  system and found to be (7039.9, 623,0.642 and 934.5) respectively .The molar conductivity measurement in DMF showed that the complex was non electrolyte, Table (3).

**A<sub>2</sub>**: The light green (A<sub>2</sub>) complex in chloroform exhibited bands at  $15267$  and  $25974\text{cm}^{-1}$  assigned to  ${}^3\text{A}_{2g} \rightarrow {}^3\text{T}_{1g(\text{F})}$  ( $\nu_2$ ) and  ${}^3\text{A}_{2g} \rightarrow {}^3\text{T}_{1g(\text{P})}$  ( $\nu_3$ ) transitions respectively, Table (2), which indicate octahedral geometry of Ni(II). The absence of any band below  $10.000\text{cm}^{-1}$  eliminates the possibility of tetrahedral environment in this complex. The different ligand field parameters ( $\mathbf{B}^-, \beta$  and  $\mathbf{Dq}$ ) have been calculated using the same diagram and found to be (611, 0.54 and 1099.224) respectively (M-L) (Ni-L) bond is covalent. Magnetic moment (3.09 B.M) of solid complex, Table (2), showed a higher orbital contribution. Conductivity measurement in DMF showed that the complex was nonionic, Table (3).

**A<sub>3</sub>**:The measured magnetic moment was (1.92 B.M) this show the Cu(II) ion it,s dark green complex typical of  $d^9$  system. Electronic spectrum in chloroform, shows one broad band at  $14084\text{cm}^{-1}$  which corresponds to  ${}^2\text{B}_{1g} \rightarrow {}^2\text{A}_{1g}$  transition, and a shoulder band at  $25773\text{cm}^{-1}$  which assigned to  ${}^2\text{B}_{1g} \rightarrow {}^2\text{B}_{2g} + {}^2\text{E}_g$  transition. The position of these bands is in a good agreement with that reported for highly distorted octahedral geometry. Conductivity measurement in DMF showed that the complex was highly ionic, Table (3)

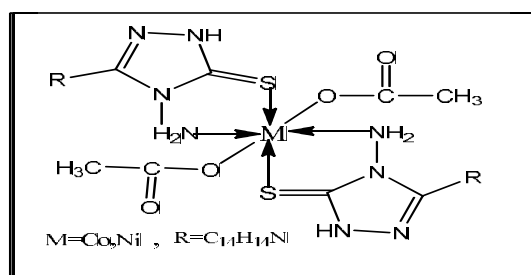
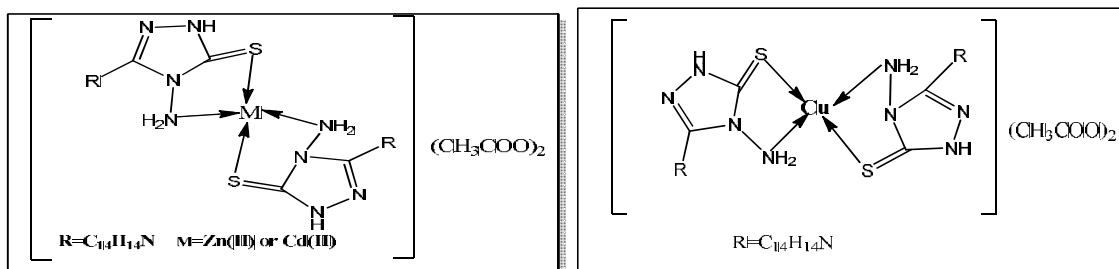
The two complexes [A<sub>4</sub>] and [A<sub>5</sub>] were colourless in chloroform solution, so that no (d-d) transition can be expected in the visible region, as well as were diamagnetic as expected for  $d^{10}$  ions. The conductivity measurements indicate ionic behavior of the complexes, Table (3).

Table 3 Electronic spectra ( $\text{CHCl}_3$ ), Magnetic moment (B.M) and Conductance in (DMF) for metal complexes

Symb.	Maximum absorption $\nu_{\text{max}}(\text{cm}^{-1})$	Band assignment	10Dq	Molar Cond. $\text{S.cm}^2.\text{mol}^{-1}$	$\mu_{\text{eff}}$ . B.M	Suggested geometry
[A <sub>1</sub> ]	7039.9 (Cal.) 1538.4 1869.1	${}^4\text{T}_{1g} \rightarrow {}^4\text{T}_{2g(\text{F})}$ ${}^4\text{T}_{1g} \rightarrow {}^4\text{A}_{2g(\text{F})}$ ${}^4\text{T}_{1g} \rightarrow {}^4\text{T}_{1g(\text{P})}$	9337.6	15.65	4.2	O.h
[A <sub>2</sub> ]	10992.24, (Cal.) 15267 25974 33112	${}^3\text{A}_{2g} \rightarrow {}^3\text{T}_{2g(\text{F})}$ ${}^3\text{A}_{2g} \rightarrow {}^3\text{T}_{1g(\text{F})}$ ${}^3\text{A}_{2g} \rightarrow {}^3\text{T}_{1g(\text{P})}$ C.T	10976	18.09	3.09	O.h
[A <sub>3</sub> ]	14084 25773	${}^2\text{B}_{1g} \rightarrow {}^2\text{A}_{1g}$ ${}^2\text{B}_{1g} \rightarrow {}^2\text{B}_{2g} + {}^2\text{E}_g$	-	168.22	1.92	S.p
[A <sub>4</sub> ]	32258 38167 47619	ILCT	-	166.86	0.0	T.h
[A <sub>5</sub> ]	31055 34482 47169	ILCT	-	170.9	0.0	T.h

**General Proposed Stereo Chemistry Structure of Complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>]:**

According to the results obtained from the elemental analysis, spectral studies, magnetic and conductivity measurements, the general structure of the above mentioned complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>] can be illustrated as follows:



## Part (2) Study Complexes in Gas phase

Theoretical studies of (L) ligand and their metal complexes [A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>]

## a- Electrostatic Potentials

The electrostatic potential (E.P) describes the interaction of energy of the molecular system with a positive point charge. (E.P) is useful for finding sites of reaction in a molecule; positively charged species tend to attack a molecule where the electrostatic potential is strongly negative (electrophilic attack). The (E.P) of the free ligands (L) were calculated and plotted as 3D and 2D contour to investigate the reactive sites of the molecules, Figure(3). The results of calculations show that the LUMO of transition metal ions prefer to react with the HOMO of sulfur and nitrogen atoms of free ligands (L).

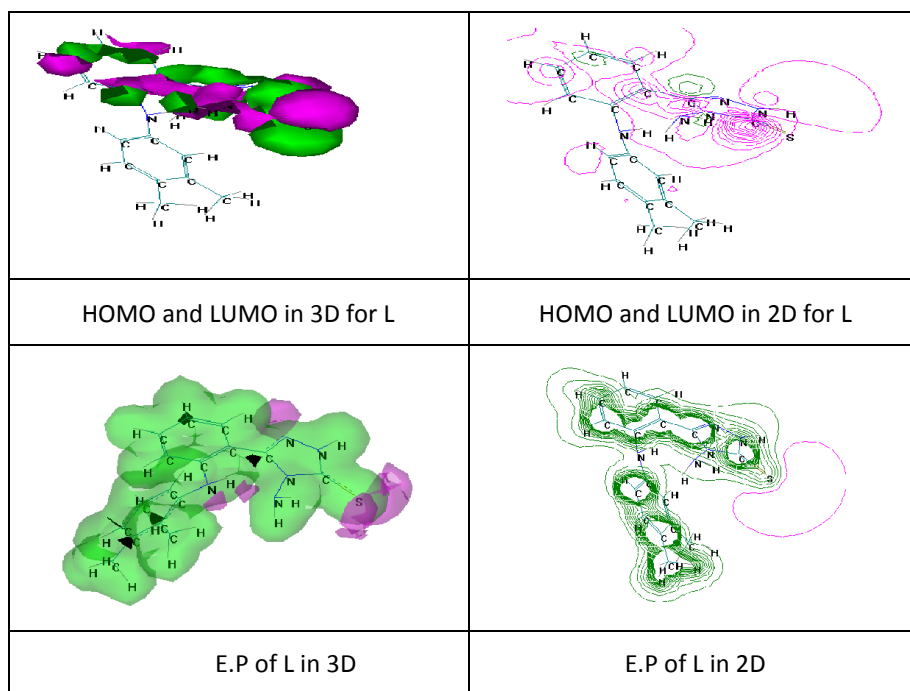


Figure 3 Electrostatic potential (HOMO and LUMO) as 3D and 2D contours for (L)

## b- Optimized energies

The conformations of the free ligands and their complexes obtained from the semi-empirical and molecular mechanics for calculations were fully re-optimized to estimate the heat of formation ( $\Delta H_f^\circ$ ) and binding energy ( $\Delta E_b$ ) by using the (PM3) method for free ligand (L) and their metal complexes is shown in Table(4).

Table 4 Conformation energetic (in  $\text{KJ.mol}^{-1}$ ) for ligands and their metal complexes

Comp.	PM3	
	$\Delta H_f^\circ$	$\Delta E_b$
L	532.958	-17237.78
[A <sub>1</sub> ]	-82634.277	-241013.37
[A <sub>2</sub> ]	-781.116	-41912.129
[A <sub>3</sub> ]	211.67	-35667.124
[A <sub>4</sub> ]	855.52	-34816.181
[A <sub>5</sub> ]	1005.164	-34647.978

c- Optimized vibrational spectra for ligand (L) and their metal complexes

The vibrational spectra of the free ligand [L] and their metal complexes have been calculated, Tables (5) Figure 5. The theoretically calculated wave numbers for this ligands showed that some deviations from the experimental values, these deviations are generally acceptable in theoretical calculations (Azahry, 1998). The most diagnostic calculated vibrational frequencies were chosen for the assignment of ligands (L) and their metal complexes which included in Table(5) and their respective experimental vibrational modes are shown in the same table, Figure (4).

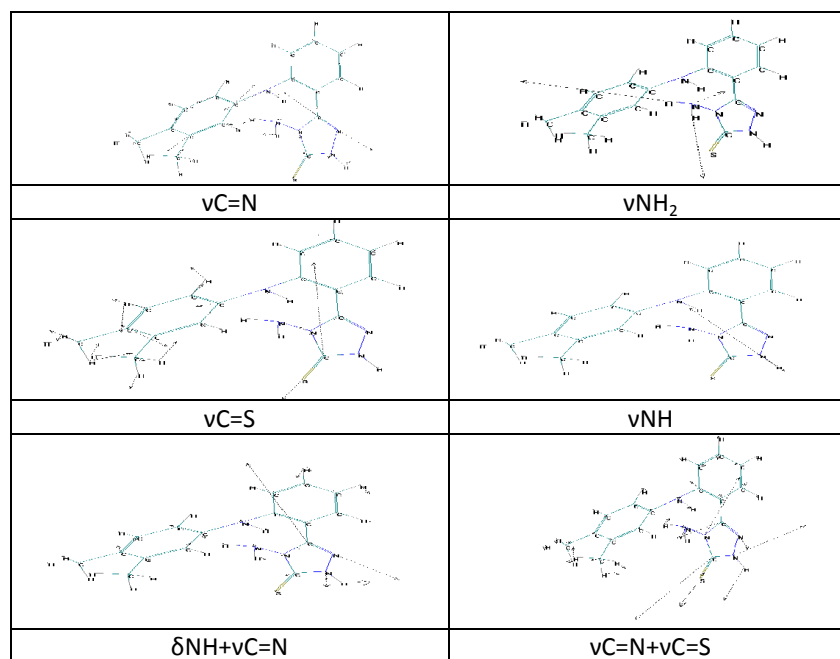


Figure 4 The Calculated Vibrational frequencies of( L)

Table 5 Comparison of Experimental and Theoretical vibrational Frequencies fothe Ligand and their metal complexes( $cm^{-1}$ )

Comp.	vC=S	vC=N	vNH <sub>2</sub> as	vNH <sub>2</sub> s	vNH	deltaNH+ vC=N	vC=N+ vC=S	vN-C-S	vCOO-
L	1041*	1643*	3269*	3209*	3439*	1591*	1380*	976,956*	
	1021**	1682**	3337**	3228**	3410**	1599**	1381**	974,920**	
	-1.92***	2.37***	2.08***	0.6***	-0.84***	0.50***	0.07***	-0.20,-3.76***	
[A <sub>1</sub> ]	1020*	1640*	3252*	3222*	3441*	1585*	1336*	972,922*	1537,1305* 1473 ,1297**
	910**	1592**	3290**	3251**	3441**	1584**	1347**	981 ,910**	-4.16,-0.61***
	10.78***	-2.92***	1.16***	0.90	0.0***	-0.06***	0.82***	0.92,-1.30***	
[A <sub>2</sub> ]	1030*	1643**	3263*	3211*	3440*	1595*	1332*	972*	1512,1302*
	1037**	1594**	3255**	3187**	3444**	1557**	1343**	975**	1480, 1312**
	0.67***	-2.98***	-0.24***	-0.74***	0.12***	-2.38***	0.82	0.31***	-2.11,0.76***
[A <sub>3</sub> ]	1030*	1640*	3252	3200*	3439*	1608*	1340*	972*	
	945**	1649**	3353**	3141**	3437**	1595**	1357**	910**	
	8.25***	0.55***	3.10***	-1.84***	-0.058	-0.81	1.26***	-6.37***	
[A <sub>4</sub> ]	1022*	1640*	3252*	3194*	3440*	1585*	1334*	941*	
	999**	1595**	3224**	2860**	3441**	1586**	1345**	937**	
	-2.25***	-2.74***	-0.86***	-10.45	0.02***	0.02***	0.82***	-0.42***	
[A <sub>5</sub> ]	1030*	1645*	3240*	3155*	3442*	1585*	1340*	962*	
	998**	1647**	3226**	2734**	3440**	1589**	1344**	939**	
	-3.10***	0.12***	-0.43***	-13.34***	-0.12***	0.25	0.25***	-2.39**8	

### d- Bond length measurements for the (L) and their metal complexes

The Gaussian suite of software was employed throughout this study optimizations were carried out for the model systems represented in Figure (5). The initial state for structure didn't give bond lengths naturally so that the geometry optimization was used for correct bond lengths, calculation parameters were optimized of bond lengths for the free ligands and its metal complexes by using the semi-empirical (PM3) method at geometry optimization (0.001 Kcal / mol), to give excellent agreement with the experimental data (Kunkeler et al.,1996 ; Keypour et al.,2004), as it shown in Table (6), Figure(5).

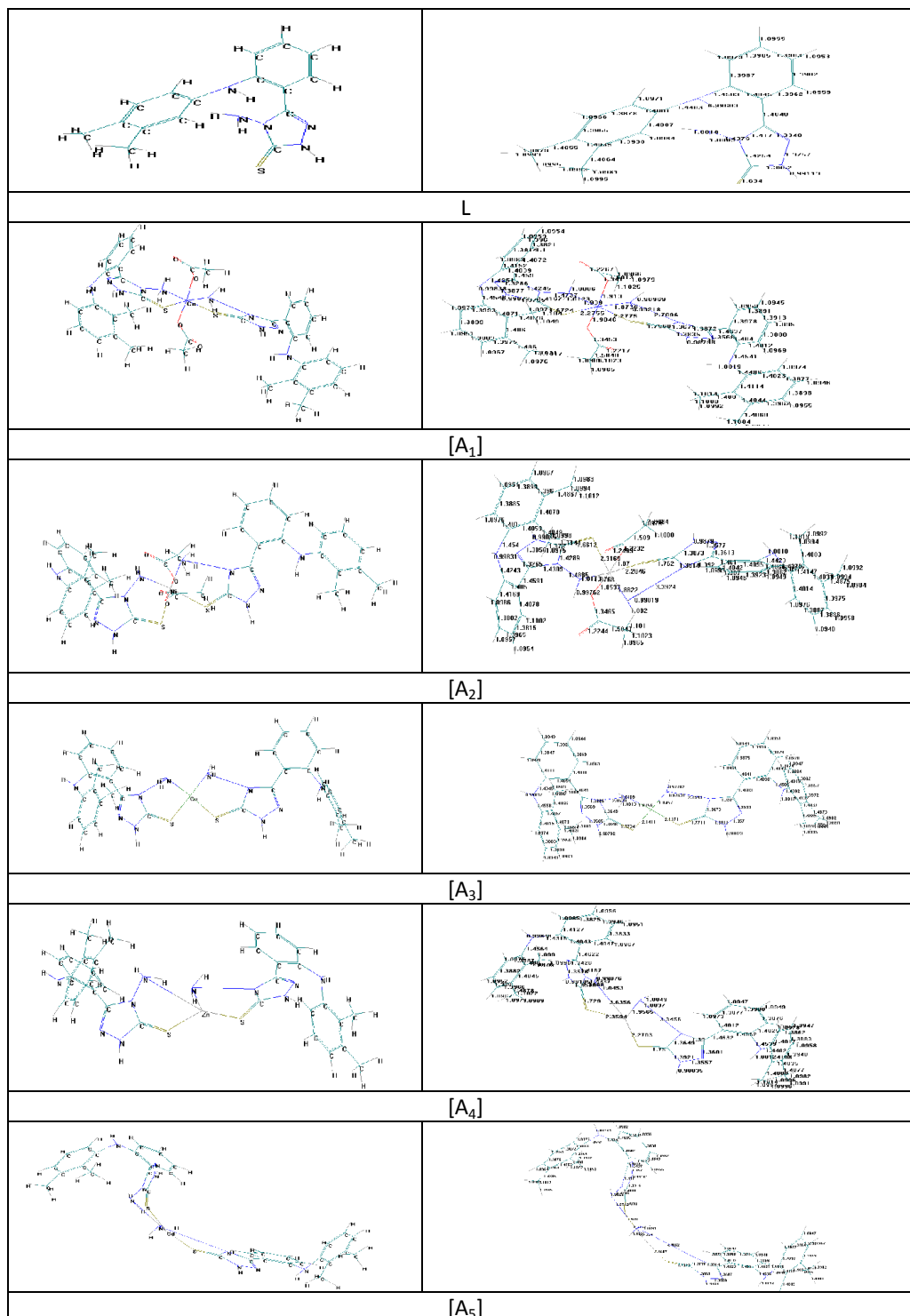


Figure 5 Bond Length (L) and their Metal Complexes using HyperChem8 .Progr

Table 6 Selected bond lengths ( $\text{\AA}$ ) for ligands (L) and their metal complexes

Compounds	C=S	N-NH <sub>2</sub>	M-S	M-N	M-O
L	1.634	1.430	-	-	-
[A <sub>1</sub> ]	1.758	1.821	2.277	1.873	1.373
[A <sub>2</sub> ]	1.762	1.488	2.284	1.882	1.282
[A <sub>3</sub> ]	1.732	1.870	2.468	2.132	-
[A <sub>4</sub> ]	1.771	2.754	2.137	.8457	-
[A <sub>5</sub> ]	1.751	3.345	2.270	1.956	-

### PART (3) PHOTOSTABILIZATION STUDY

The(4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl)aminophnyl)-1,2,4-triazole-3-thion) complexes with Co(II), Cd(II), Ni(II), Zn(II) and Cu(II) were used as additives for the photostabilization of PVC films. To study the photochemical activity of these additives for the photostabilization of PVC films, the carbonyl, hydroxyl and polyene indices were monitored with irradiation time using IR spectrophotometry.

#### a). Photochemical Study of(L) complexes with PVC films by infrared spectroscopy

The irradiation of PVC films with UV light of wavelength  $\lambda=313$  nm led to a clear change in the FT-IR spectrum. The appearance of bands in  $1720\text{ cm}^{-1}$  was attributed to the formation of carbonyl groups related to aliphatic ketone. The hydroxyl band that appeared at  $3450\text{ cm}^{-1}$  was annotated to the hydroxyl group and  $1604\text{ cm}^{-1}$  is due to polyene group (Yousif et al.,2009). The absorption of the carbonyl, hydroxyl and polyene groups was used to follow the extent of polymer degradation during irradiation. This absorption was calculated as carbonyl index ( $I_{CO}$ ), hydroxyl index( $I_{OH}$ ) and polyene index( $I_{PO}$ ). It is reasonable to assume that the growth of carbonyl index is a measure to the extent of degradation. However, in Figure (6), the  $I_{CO}$  of  $L > A_3 > A_4 > A_5 > A_1 > A_2$  showed lower growth rate with irradiation time with respect to the PVC control film without additives. Because the growth of carbonyl index with irradiation time is lower than PVC control, as seen in Figure (6), it is suitable to conclude that these additives might be considered as photostabilizers of PVC polymer. Efficient photostabilizer shows a longer induction period. Therefore, the (**A<sub>2</sub>**) is the most active photostabilizer, followed by (**A<sub>1</sub>**), (**A<sub>5</sub>**), (**A<sub>4</sub>**), (**A<sub>3</sub>**),and (**L**)which is the least active. Just like carbonyl, hydroxyl and polyene compounds are also produced during photodegradation of PVC. Therefore, hydroxyl index ( $I_{OH}$ ) and polyene index( $I_{PO}$ ) could also be monitored with irradiation time in the presence and absence of these additives. Results are shown in Figure (7 and 8).

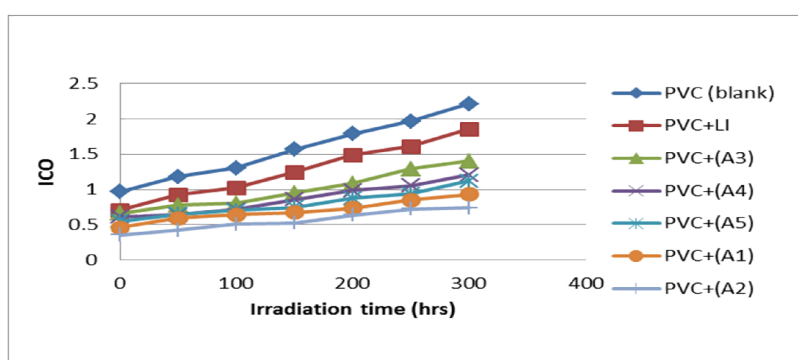


Figure 6 Relationship between the ( $I_{CO}$ ) and irradiation time of PVC films ( $40\mu\text{m}$ ) thickness containing 0.5% additives

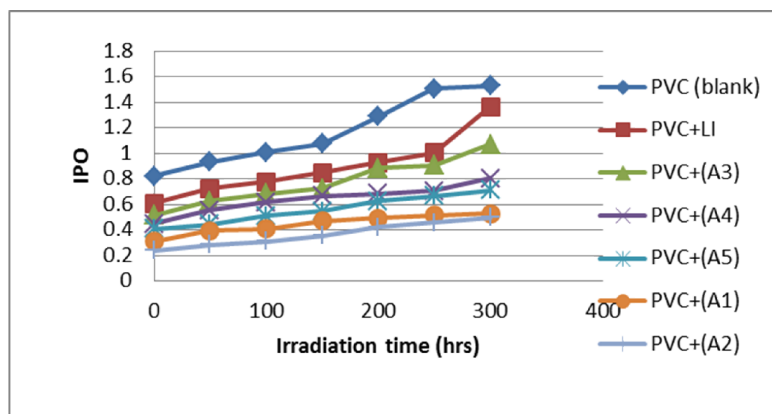


Figure 7 Relationship between the ( $I_{po}$ ) and irradiation time of PVC films ( $40\mu\text{m}$ ) thickness containing 0.5% additives

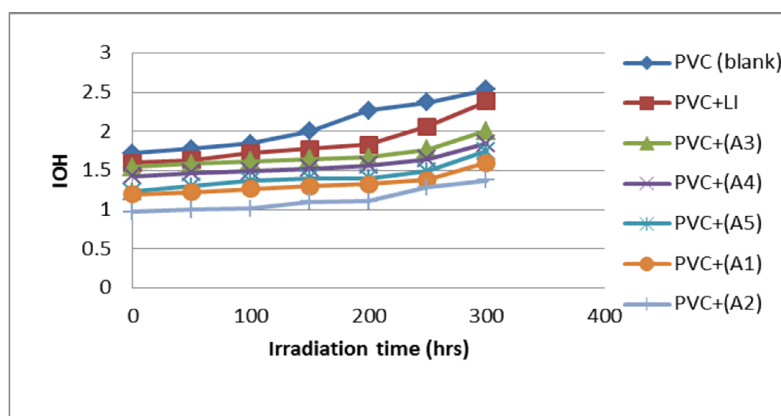
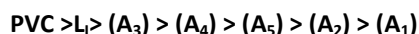


Figure 8 Relationship between the ( $I_{oH}$ ) and irradiation time for PVC films ( $40\mu\text{m}$ ) thickness containing 0.5% additives

#### b) Determination of the Stabilizing Efficiency by Weight Loss Method For L and their metals complexes

The photodegradation of PVC is commonly known to be accompanied by a dehydrochlorination process (the evolution of HCl gas) consequently, weight loss occurs, which increases with increasing irradiation time. The stabilizing efficiency was determined by measuring the % weight loss of photodegraded PVC films in absence and in presence of additives. The weight loss percentage as a function of the irradiation time can be used as a good measure of the degree of degradation and consequently can measure the stabilizing potency of the stabilizer and how long that stabilizer would protect the polymer (Yousif et al., 2009). The results of the weight loss as a function of the irradiation time is shown and Figure (9). The results clearly showed the low extent of weight loss (i.e., the low extent of dehydrochlorination as evolved HCl is the main degraded product) of photodegraded PVC stabilized by  $L_1$  complexes in comparison with the weight loss of photodegraded unstabilized PVC. The stabilizing efficiency of the investigated photostabilizers was found to follow the order:



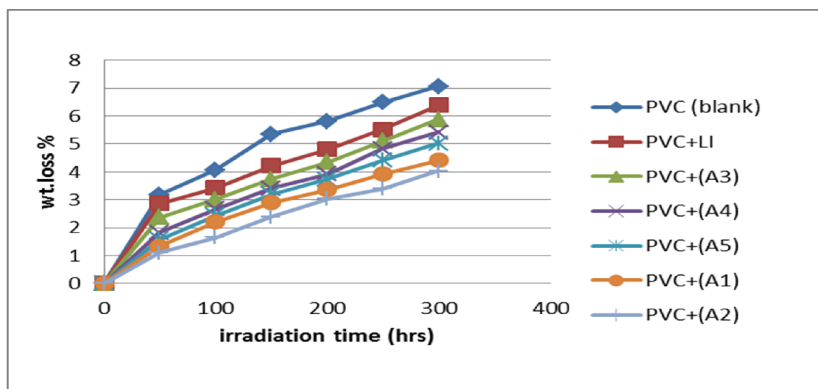


Figure 9 Variation of the weight loss of PVC films (40 $\mu$ m) thickness containing 0.5% additives with the irradiation time

c) Variation of PVC molecular weight during photolysis in the presence of (4-amino-5-(2-(2,3- dimethylphenyl) aminophnyl)-1,2,4-triazole-3-thion) complexes

The analysis of relative changes in viscosity–average molecular weight (Mv) has been shown to provide aversatile test for random chain scission. Figure (10) shows the plot of (Mv) versus irradiation time for PVC film with and without 0.5% (wt/wt) of the selected additives, with absorbed light intensity of  $1.052 \times 10^{-8}$  ein  $\text{dm}^{-3} \text{s}^{-1}$ . (Mv) is measured using eq. (3) with THF as a solvent at 25 $^{\circ}$ C. It is worth mentioning that traces of the films with additives are not soluble in THF, Figure (10), indicating that cross linking or branching in the PVC chain does occur during the course of photolysis. (Gugumus,1990;Yousif et al.,2009) For better support of this view, the number of average chain scission (S; average number cut per single chain) was calculated using the following relation:

$$S = (M_{v,o} / M_{v,t}) - 1$$

where (Mv,o) and (Mv,t) are viscosity–average molecular weight at initial (o) and at irradiation time (t), respectively. The plot of S versus time is shown in Figure(11). The curve indicates an increase in the degree of branching such as that might arise from cross linking occurrence. It is observed that insoluble material was formed during irradiation, which provided an additional evidence to the idea that cross linking does occur.

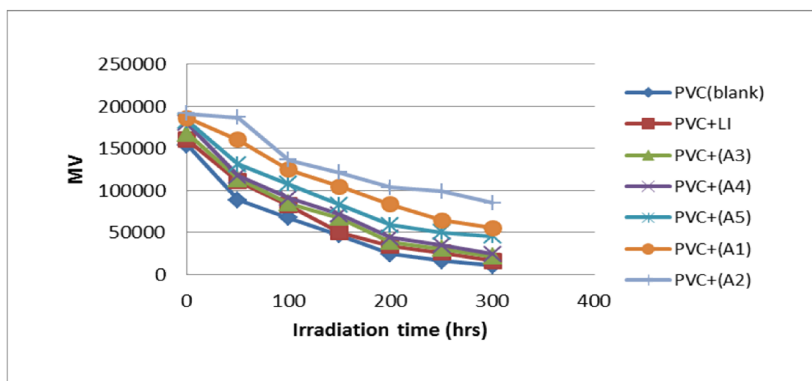


Figure 10 Variation of the viscosity average molecular weight with irradiation time of PVC films (40  $\mu$ m) control and with 0.5 wt% of additives

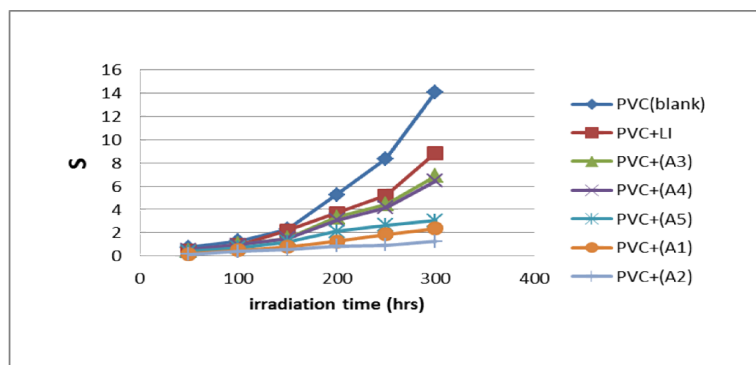


Figure 11 Changes in the main chain scission ( $S$ ) during irradiation of PVC films ( $40 \mu\text{m}$ ) control and with 0.5 wt% of additives

For randomly distributed weak bond links, which rapidly break in the initial stages of photodegradation, the degree of deterioration  $\alpha$  is given as follows:

$$\alpha = \frac{m \cdot S}{M \cdot v}$$

where  $m$  is the initial molecular weight. The plot of  $\alpha$  as a function of irradiation time is shown in Figure (12). The values of  $\alpha$  of the irradiated samples are higher when additives are absent and lower in the presence of additives when compared with the corresponding values of the additive-free PVC. In the initial stages of photodegradation of PVC, the value of  $\alpha$  increase rapidly with time; these indicators indicate a random breaking of bonds in the polymer chain.

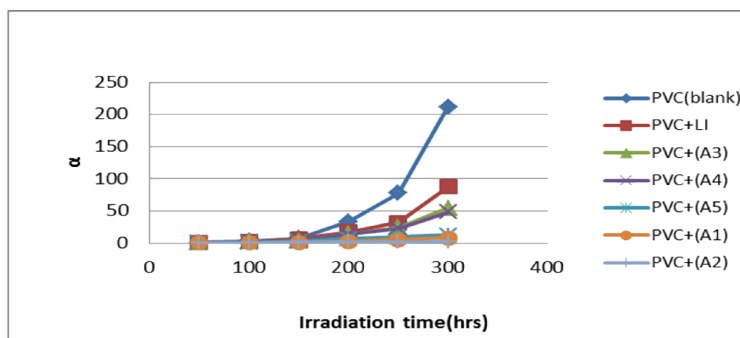
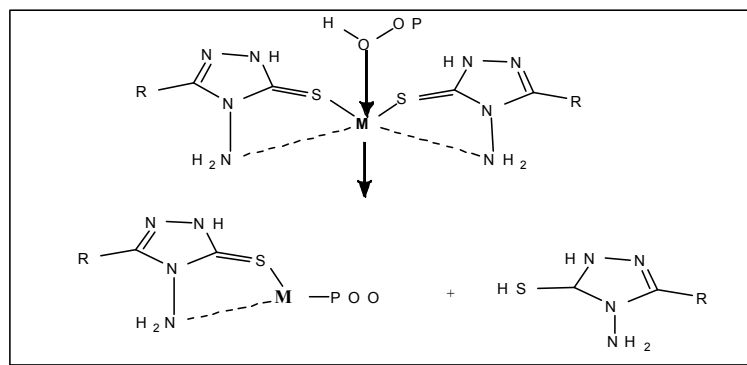


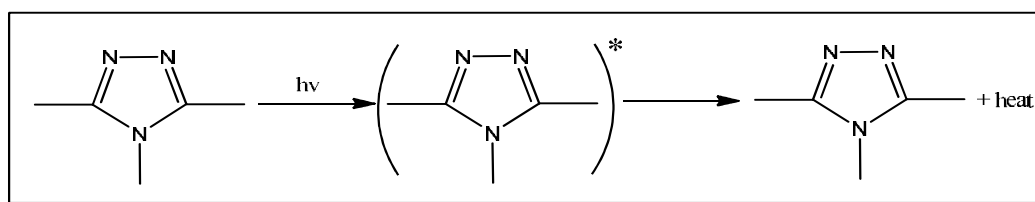
Figure 12 Changes in the degree of deterioration ( $\alpha$ ) during irradiation of PVC films ( $40 \mu\text{m}$ ) control and with 0.5 wt% of additives

### c). Suggested mechanisms of photostabilization of PVC by (4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl)aminophnyl)-1,2,4-triazole-3-thion) complexes

Depending on the overall results obtained, the efficiency of **4-amino-5-(2-(2,3-dimethylphenyl)aminophnyl)-1,2,4-triazole-3-thion** complexes as stabilizer for PVC films can be arranged according to the change in the carbonyl and hydroxyl concentration as a reference for comparison,  $A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3 > L$ . Metal chelate are generally known as photostabilizers for PVC through both peroxidede composer and excited-state quencher. Therefore, itis expected that these complexes act as peroxidede composer through the proposed mechanism Scheme (2). (Yousif et al.,2010).The ring of benzothiazol in this compound playsan important role in the mechanism of stabilizingprocess by acting as UV absorber. The UV light absorption by these additives containing benzothiazoldissipates the UV energy to harmless heatenergy Scheme (3). This mechanism is in agreementwith that reported (Adil et al .,2011)



**Scheme (2) Suggested mechanism of photostabilization of complexes as peroxide decomposer**



**Scheme (3) Suggested mechanism of photostabilization of triazole as UV. Absorber**

## REFERENCES

- [1] D.H. Jones, R. S. Slack and K.R.H Woolridge , J. Med. Chem; 1965, 8, 676.
- [2] B.N. Goswami, J.C.S. Katiki and J.N .Baruah, J. Heterocyclic Chem; 1984, 2, 225.
- [3] B.S. Holla, B. Kallurya and K.R. Sridhar, Current Sci; 1987, 56, 236.
- [4] N.A. Abdon, F.M. Amin and A. J. Mansura, Pharm. Sci; 1990, 6, 25.
- [5] R.K. Mishra, R.K. Tiwari, S.K. Srivastava and S.C. Bahel, J. Indian Chem. Soc; 1991, 68, 110.
- [6] L.J. Street, R. Baker, W.B. Baker, W.B. Davey, A.R. Guibin and R.A elley, J. Med. Chem. 1995.
- [7] A. Brucato, A .Coppola, S .Gianguzza, P. Provenzano, Soc. Ital. Biol. Sper; 1978, 54,1051-1057.
- [8] M.A. Raslan, M.A. Khalil, J. Hetero. atom Chem; 2003, 14, 114-120.
- [9] T. Singha, J. Singh , A .Naskar , T. Ghosh, A. Mondal, M .Kundu , R.K. Harwansh, T.K. Maity, Ind. J. Pharm. Edu. Res. Oct-Dec, 2012, 46, (4),346-351.
- [10] I. Awad, A. Abdel-Rahman, E. Bakite J. Chem. Technol. Biotechnol;2008, 51.483–486.
- [11] S. Guveli, B. Ulkuseven, Polyhedron; 2011, 8,(30) , 1385-1388.
- [12] C. D. Alagöz, J. Brauer, F. Mohr, J. Organ. Chem; 2009, 9-10, (694),1283-1288.
- [13] N. Jaiswal, A. Singh, D. Singh, T. Ahmed, Inter. Res. J. Pharma., 2012 ,3 (3), 83-89.
- [14] N. Grassie, G .Scott, Polymer Degradation and Stabilization. Cambridge University Press: London, UK, 1985.
- [15] A.L. Andrady, S.H. Hamid, X. Hu, A .Torikai, J. Photoch. Photobio. 1998, B.46, 96–103.
- [16] B. Beat, et al., Geroffen, J. 1975, 2. (204). 156-321
- [17] S. K Mahajan, R. Y .Dr. Chaudhari, R. S. Wagh, J.Pharma. Res., 2011, 4,(7) , 2285 – 2287.
- [18] S. Mandal, D. Saha, B. Jain, V. K. Jain, J. Res. Pharma. Biomed. Sci., 2011, 2 (1), 304-307.
- [19] J.J. Stewart, K.B. Lipkowitz, D.B Boyd, VCH publishers, New York, 1996, (1) 9.72-80.
- [20] D.B. Cook, "Hand book of Computational Quantum Chemistry", New York, Oxford univ. Press, (1998). 149.
- [21] H. Choinacki, F Pruchnik, Int. J. Mol. Sci., 2001, 2(44).11-17.
- [22] T.T. Nahari, Iresco Sci. and Technology Vision, 2007, 3(3).32-40.
- [23] E. Yousif, S.M. Aliwi, A.A. Ameer, Turk. J. Chem; 2009, 33, 39–41.
- [24] R. Silvertin, G Bassler, Spectrometric identification of organic compounds,5<sup>th</sup> Ed. John Wiley and Sons, New York,1980.

- [25] R. Sliverstein, G. Bassler, T. Morrill, Spectrometric Identification of Organic Compounds, 7<sup>th</sup> Edn. John Wiley and Sons, New York, London, 2005.
- [26] K. Nakamoto, Infrared Spectro of Inorganic and Coordination Compounds", 6<sup>th</sup> Ed., Wiley, Inter science, New York,1997.
- [27] S. Qurban, Diyala. J. Pure. Sci; 2011,7.(2). 94–104.
- [28] B. Figgis, Ligand Field Theory and its Applications, 1<sup>st</sup> Ed. John-Wiley,New York, 2000.
- [29] O. Hassan, A. Otaiwi, A. Abeer, national. J Chem; 2008, 31.501–513.
- [30] H. Ibraheem, H. Adel, A. Ahmed, N. Salih, J. Al-Nahrain. University. 2010, 13 (1). 43–47.
- [31] A.S. Thakar, K.K. Singh, K.T. Joshi, Eur. J. Chem; 2010, 1396-1406.
- [32] A. A. Azhary, J. Phys. Chem., 1998,102,620-629.
- [33] D. Kunkeler, J. Cornelissen, K. ReeDig, J. Am. Chem. Soc; 1996,118,2190-2197.
- [34] H. Keypour, K. P Wainwright, M Taylor, J. Iran. Chem. Soc; 2004, 1(1), 53- 64.
- [35] F. Gugumus, Mechanism of Polymer Degradation and Stabilization, Elsevier: Amsterdam, 1990.
- [36] E. Yousif, J. Salimon, N .Salih, Arabian. J. of chemistry; 2010.
- [37] H. Adil, E. Yousif, J. Salimon, New Stabilizers for PVC Based on Benzothiazole Complexes, LAMBERT Academic Publishing, Germany. 2011.

## Hybrid Segmentation Algorithm for Detecting Alzheimer's Disease in MRI Images

*Reem Alattas*

Department of Computer Science and Engineering,  
University of Bridgeport,  
Bridgeport, CT, USA

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:** Alzheimer is defined as the loss of mental functions such as thinking, memory, and reasoning that is severe enough to interfere with a person's daily functioning. The appearance of Alzheimer's Disease symptoms are resulted based on which part of the brain has a variety of infection or damage. Therefore, MRI is the best biomedical instrumentation to detect Alzheimer's Disease. For that reason, this paper proposes a novel method for detecting Alzheimer's Disease in MRI images using thresholding and morphology. In this paper, we analyzed 20 MRI images collected from OASIS brains database to detect the threshold that will allow our program to automatically detect Alzheimer's Disease existence in MRI images. Automatically Image Classification is one of the challenging problems of our recent era. So, we have implemented and tested our proposed technique and the end results have 98% accuracy.

**KEYWORDS:** Alzheimer's Disease, MRI, biomedical images, image processing, thresholding, masking, morphological operators.

### 1 INTRODUCTION

Worldwide, more than 35 million people are diagnosed with Alzheimer's disease, and that number is expected to double in the next 20 years [1]. Alzheimer's Disease (AD) is a progressive irreversible neurological brain disorder, that gradually damages memory, thinking, and language skills. AD symptoms include changes in mood, behavior, or personality and difficulty doing familiar daily tasks. Generally, AD affects not only patients but also people around them [2].

The brains of people diagnosed with AD face the problems of tissue loss and nerve cell death, leading to brain dramatic shrinkage. The affected brain areas include the cortex, which is responsible for thinking, planning and remembering, and the hippocampus, that forms new memories. Consequently, ventricles grow larger.

Since AD is gradual, the key to treatment is early diagnosis. The medical and neurological examination comprises semi-structured interviews with the patient, and separately with a collateral source that knows the patient. The patient's cognitive and functional performance in different six domains is rated and summed to yield the Clinical Dementia Rating (CDR). A CDR of 0 indicates Normal Cognitive (NC) functioning, whereas CDR of 1 indicates AD [3].

Moreover, the workup contains brain imaging using different techniques; such as Computed Tomography (CT), Positron Emission Testing (PET), or Magnetic Resonance Imaging (MRI) for detecting structural abnormalities of human brain [4]. In particular, structural MRI measurements help in detecting and tracking the evolution of brain atrophy, which is considered as a marker of AD development.

An important aspect of MRI image processing that can be used for AD diagnosis is segmentation, due to its capability of extracting objects of interest [5]. Therefore, we propose in this paper a novel hybrid segmentation algorithm for AD detection in MRI images. The rest of this paper is organized as follows. Section II reviews the literature of AD detection in medical images specifically MRI images. Then, Section III elaborates about the data sample we used and the source of MRI images. Section IV describes in details the proposed technique. Then, section V explains the used classification criteria. Section VI discusses and evaluates the experimental results. Finally, Section VII provides a summary of the paper and its main conclusions.

## 2 LITERATURE SURVEY

Existing work in the field of AD detection in MRI images has been partially positive. The problem of AD recognition in structural MRI images using visual similarity was tackled in [6]. Visual local descriptors and the bag-of-visual-words approach were applied on Hippocampus and Posterior Cingulate Cortex in brain MRI images. Then, the Content-Based Visual information retrieval approach is applied to recognize patient category. The findings can be used to support clinicians' diagnostic decision. And, accuracy on MCI case retrieval was improved by 10%.

AD classification method in MRI images was presented in [7]. Furthermore, the authors offered a tool to assist early diagnosis of dementia using wavelet feature extraction. The results showed that dimensionality reduction decreases classification accuracy, which suggested using all of the available information to perform classification, which in turn could increase computational cost in the training of the classifiers.

Mild Cognitive Impairment (MCI) recognition approach using MRI images was proposed in [8], where Grey Matter (GM) was segmented and Local Patterns was extracted from it. However, a perfect local pattern could not be identified.

The detection of AD onset in MRI images was presented in [9]. Three different machine learning algorithms were combined to get improved results. An average training accuracy of 94.57% and a testing accuracy of 87.23% were achieved, indicating the method's efficiency in detecting the onset of AD.

Finally, three major medical imaging techniques that are associated with AD were analyzed and evaluated in [10]. Those techniques are CT, PET, and MRI. The results showed that MRI is more beneficial than the others. The paper presented as well a mechanism to estimate hippocampal atrophy using ImageJ to indicates AD presence. Therefore, we chose to proceed with developing an algorithm working specifically on MRI images.

## 3 IMAGE DATABASE

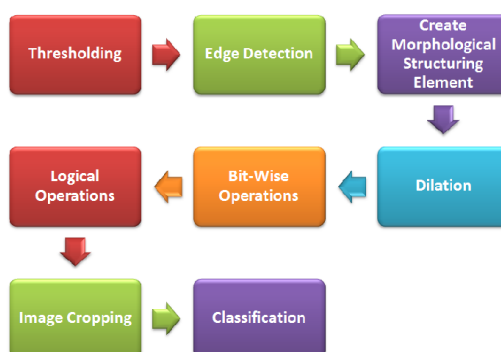
We obtained ( $n = 20$ ) MRI brain scans from the publicly available Open Access Series of Imaging Studies (OASIS) database. All images were axial and of 256x256 size. The 20 subjects included 10 normal controls (NC) aged 60 years old or above with a CDR scale of zero; and 10 subjects clinically diagnosed with AD with CDR = 1. All subjects were right-handed. Sample demographics including age, Mini-Mental State Examination (MMSE) scores, and gender are summarized in Table 1.

*Table 1. Sample Demographics*

	Age	MMSE	Gender
NC (CDR = 0)	Average = 64 STD = 10.31988	Average = 28.8 STD = 1.643168	7 F 3 M
AD (CDR = 1)	Average = 83.8 STD = 3.768289	Average = 25 STD = 2.915476	8 F 2 M

## 4 METHODOLOGY

The proposed technique was built based on comparing the ratio of high intensity pixels to low intensity ones in both NC and AD MRI images. The block diagram in Fig.1 expresses the steps in our method.



*Fig. 1. Proposed Method Block Diagram*

4.1 THRESHOLDING

Segmentation implies dividing an image into regions. Thresholding is considered as one of the simplest image segmentation methods as it is based on selecting a certain value called threshold; which classifies image pixels into two distinct groups in order to isolate the object of interest from the background [11].

Thresholding results in binary images by turning all pixels in the grayscale input image that fall below the threshold to zero and all pixels above that threshold to one. If  $g(x, y)$  is a thresholded version of  $f(x, y)$  at some threshold  $t$ ,

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

In our process, the threshold is found using Otsu’s method, which selects the optimal threshold value that maximizes the inter-class variance of foreground (i.e. object of interest) and background classes [12].

$$t^* = \text{arg max}_{0 \leq t \leq 255} \{\sigma_B^2(t)\} \quad (2)$$

The inter-class variance is defined as,

$$\sigma_B^2(t) = \omega_1(t)(\mu_1(t) - \mu_T)^2 + \omega_2(t)(\mu_2(t) - \mu_T)^2 \quad (3)$$

While the class probability is computed from the histogram as,

$$\omega_1(t) = \sum_{i=0}^{t-1} p(i) \quad (4)$$

$$\omega_2(t) = \sum_{i=t}^L p(i) \quad (5)$$

And the class mean is,

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} i p(i)}{\omega_1(t)} \quad (6)$$

$$\mu_2(t) = \frac{\sum_{i=t}^L i p(i)}{\omega_2(t)} \quad (7)$$

Where  $L = 255$  and  $t$  is the threshold. Selecting the threshold is done successively until finding the optimal value. Fig. 2 (a) shows the original MRI image and Fig. 2 (b) shows the thresholding result.

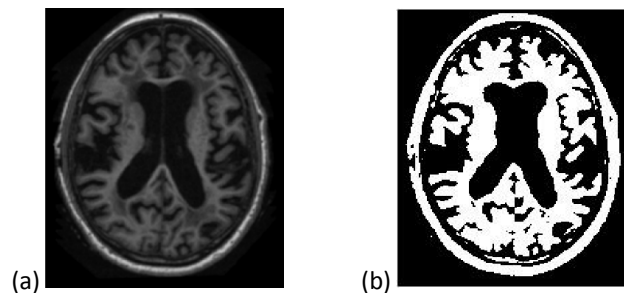


Fig. 2. (a) Original Brain MRI Image (b) Thresholding Result

In this case, our object of interest is the brain. However, the scalp bones are appearing clearly in Fig. 2 (b) and we will demonstrate in the next steps how to eliminate them from the image.

4.2 EDGE DETECTION

Edge detection identifies and locates abrupt changes in pixel intensity in an image. These discontinuities characterize boundaries of objects in the image. The majority of edge detectors are based on the gradient method that finds the minimum and maximum in first-order derivative of the image intensity, because they contain valuable edges information [13]. Gradient based detectors include Prewitt filter that contains a pair of 3x3 convolution kernels as shown in Fig.3. These kernels detect vertical and horizontal edges, using the appropriate mask [14].

In our method, we use Prewitt operator to detect the edges of the scalp bones, as shown in Fig. 4.

### 4.3 DILATION

Mathematical morphology involves analyzing and processing geometrical structures within an image. The structure could be of a macro nature or a micro nature [15]. The basic morphological operators include dilation, which can be applied to binary images in order to expand the boundaries of foreground pixels regions. Hence, the growth of foreground pixels areas results in filling the holes within those regions.

In this algorithm, we apply dilation in order to create a mask that can be used for removing scalp bones in order to isolate our Region of Interest (ROI) which is the brain. After performing dilation on Fig. 4, the result is shown in Fig. 5 (a). Then, we proceed by detecting and deleting the small white regions in the resulting image to get the result shown in Fig. 5 (b). Finally, we complement the aforementioned image to create the mask that will be used for removing scalp bones. The result is shown in Fig. 5 (c).

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

(a)  $G_x$

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

(b)  $G_y$

Fig. 3. Masks for Prewitt Filter (a) In the x-direction (b) in the y-direction

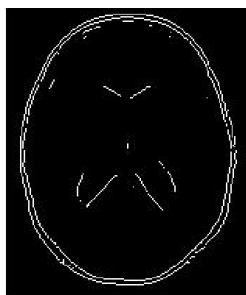


Fig. 4. Prewitt Filter Application Result

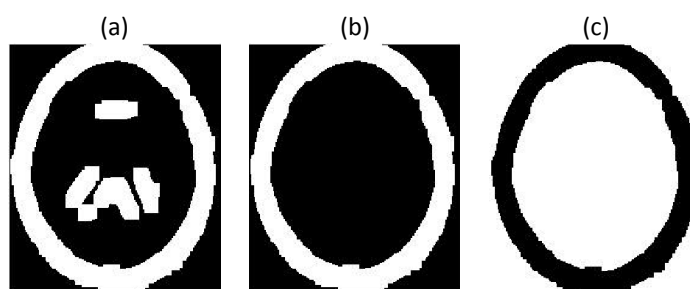
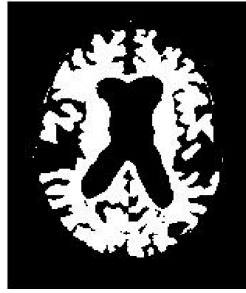


Fig. 5. (a) Dilation Result (b) Clearing Small White Regions Result (c) Resulting Mask

### 4.4 USING THE MASK IMAGE

After obtaining the mask image, we use it to mask the thresholded image shown in Fig. 1 (b) by performing a logical and operation. The end result is shown in Fig. 6.



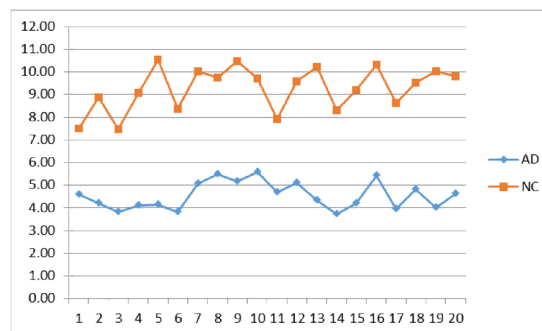
**Fig. 6. End Result**

#### 4.5 IMAGE CROPPING

We found that isolating the Corpus callosum by cropping the resulting image yields the best readings when trying to classify the end results. We did the cropping by dividing the image into two halves vertically and three thirds horizontally and take the middle lower part.

### 5 CLASSIFICATION

For each image, we calculated the ratio of the number of high intensity pixels to the number of low intensity pixels in the ROI. Then, we compared the ratios of NCs to AD affected brains. The chart shown in Fig. 7 lead us to detect the threshold number that we used to classify whether the patient has AD or not, and give the appropriate result accordingly.



**Fig. 7. Ratio of White Cells to Black Cells in Healthy Brain Images and AD Affected Images**

### 6 EXPERIMENTAL RESULTS

Applying our proposed method on (n=20) MRI brain scans for subject older than 60 years old yielded 98% accurate results.

### 7 CONCLUSION

In this paper, we presented a novel method for AD detection and classification in MRI images based on thresholding and morphological operators. The method was applied to 20 MRI brain images from the Oasis AD database and yielded 98% accurate results. Furthermore, we found an optimal ratio threshold that can be useful to differentiate between AD and NCs, which indicates its efficiency in detecting AD.

### ACKNOWLEDGMENT

We thank the Open Access Series of Imaging Studies (OASIS) for MRI images datasets used for our research. The data was provided by grants P50 AG05681, P01 AG03991, R01 AG021910, P50 MH071616, U24 RR021382, and R01 MH56584.

## REFERENCES

- [1] Tung, James, et al. "Everyday Patient-Care Technologies for Alzheimer's Disease." *Pervasive Computing*, IEEE 12.4 (2013): 80-83.
- [2] Karceski, Steven. "Alzheimer disease Which test is best?" *Neurology* 81.5 (2013): e32-e32.
- [3] Roe, Catherine M., et al. "CSF biomarkers of Alzheimer disease "Noncognitive" outcomes." *Neurology* 81.23 (2013): 2028-2031.
- [4] Biasutti, Maria, et al. "Cost-effectiveness of magnetic resonance imaging with a new contrast agent for the early diagnosis of Alzheimer's disease." *PloS one* 7.4 (2012): e35559.
- [5] Alattas, Reem. "Oil spill detection in SAR images using minimum cross-entropy thresholding." *Image and Signal Processing (CISP), 2014 7th International Congress on*. IEEE, 2014.
- [6] Ben Ahmed, O., et al. "Early Alzheimer disease detection with bag-of-visual-words and hybrid fusion on structural MRI." *Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), 2013 11th International Workshop on*. IEEE, 2013.
- [7] Herrera, Luis Javier, et al. "Classification of MRI Images for Alzheimer's Disease Detection." *Social Computing (SocialCom), 2013 International Conference on*. IEEE, 2013.
- [8] Nayaki, K. Sankara, and Abraham Varghese. "Alzheimer's detection at early stage using local measures on MRI: A comparative study on local measures." *Data Science & Engineering (ICDSE), 2014 International Conference on*. IEEE, 2014.
- [9] Saraswathi, S., et al. "Detection of onset of Alzheimer's disease from MRI images using a GA-ELM-PSO classifier." *Computational Intelligence in Medical Imaging (CIMI), 2013 IEEE Fourth International Workshop on*. IEEE, 2013.
- [10] Shanthi, V., and D. J. Singh. "Estimation of Hippocampus Volume from MRI Using ImageJ for Alzheimer's Diagnosis." (2011).
- [11] Reem Alattas, "Multi-Level Minimum Cross Entropy Thresholding Using Gamma Distribution." *International Journal of Innovation and Scientific Research* 10. 2 (2014): 556–569.
- [12] El-Zaart, Ali, and Ali A. Ghosn. "MRI IMAGES THRESHOLDING FOR ALZHEIMER DETECTION." (2013).
- [13] Qiu, Peihua. "Jump surface estimation, edge detection, and image restoration." *Journal of the American Statistical Association* 102.478 (2007): 745-756.
- [14] Maini, Raman, and Himanshu Aggarwal. "Study and comparison of various image edge detection techniques." *International journal of image processing (IJIP)* 3.1 (2009): 1-11.
- [15] Dougherty, Edward R., Roberto A. Lotufo, and The International Society for Optical Engineering SPIE. *Hands-on morphological image processing*. Vol. 71. Bellingham: SPIE press, 2003.

## EVALUATION DES CONNAISSANCES DES ELEVES DE LA PREMIERE ANNEE SECONDAIRE SUR L'ENSEMBLE $\mathbb{Z}$ DES ENTIERS RELATIFS : CAS DES ECOLES DE GOMA

DAVID BYAMUNGU WANGUWABO<sup>1,2</sup>, CIBALONZA MULENGEZI<sup>3</sup>, and MAPENDANO BAHAGAZE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL/GOMA), Nord-Kivu, RD Congo

<sup>2</sup>Université du Cinquantenaire de Lwiro (UNI-50/LWIRO), Sud-Kivu, RD Congo

<sup>3</sup>Département de Santé Publique,  
Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu (ISTM/BUKAVU),  
Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

<sup>4</sup>Département de Mathématique-Physique,  
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi (ISP/IDJWI),  
Idjwi, Sud-Kivu, 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:** By this study we want to know the degree knowledge of Goma students about relatives numbers. Can the vacation of the school have an incidence to the performance of students or to be girl or boy can come above it

**KEYWORDS:** performance, school, numbers, relatives, statistics, inferences.

**RESUME:** Par cette étude nous voulons connaître le degré de connaissance des élèves de la ville de Goma sur les entiers relatifs et pouvoir identifier le rendement de ces derniers. Est-ce que ce rendement est influencé par la vacation de l'école de l'élève ou bien le sexe

**MOTS-CLEFS:** performance, école, nombres, relatifs, statistiques, inférences.

### 1 INTRODUCTION

Toute action didactique peut-être assimilée à un triangle dont le sommet principal est le sujet (apprenant), les deux autres sommets étant le contenu de l'apprentissage et l'enseignement. [(1) ,2008] cours de didactique de maths, G<sub>2</sub>MP, Inédit, ISP/Machumbi).

Ainsi donc, de ce triangle didactique, nous déduisons deux phases principales intimement liées : celle où l'enseignant fait passer le sujet (apprenant) d'un état à un autre grâce aux connaissances qu'il lui transmet ; et celle où l'enseignant jauge le niveau d'acquisition des connaissances par l'apprenant car selon GUY BROUSSEAU(3,2006) la didactique des mathématiques se construisent et sont appréhendées par les apprenants à travers des exploitations didactiques. Négliger cette dernière phase de toute action didactique serait méconnaître la place de l'apprenant dans l'action didactique et la vérification des objectifs qu'on s'est assigné dès le départ et donc l'incomplétude de l'action pédagogique.

C'est dans ce cadre que dans ce travail, nous voulons jauger les connaissances acquises sur les notions des entiers relatifs par les élèves de première secondaire ; étant donné la baisse inquiétante du niveau des élèves tant étrangers que congolais, vu les résultats scolaires peu satisfaisants pouvant expliquer cette baisse de niveau. Le triste constat, de baisse de niveau

concerne toutes les branches de l'enseignement secondaire, y compris la mathématique. Quelle cause à la base de cette baisse du niveau des élèves ?

Ainsi donc, la notion d'entier relatif chez les élèves de première année secondaire des écoles de Goma n'est pas en marge de cette situation car selon Jean D'Hombres p.23 : « affirme qu'il serait difficile de trouver beaucoup de sciences qui coutent plus d'efforts à apprendre et à pratiquer que celle des nombres ». Nous appuyant sur cette affirmation et compte tenu des catastrophes d'échecs enregistrés chez nos élèves à GOMA des interrogations suivantes ont stimulé notre attention :

- Quel serait le niveau des élèves de première année secondaire des écoles de Goma sur la notion d'entier relatif?
- Ce niveau des élèves sur cette notion serait-il influencé par les types de vacation de l'école fréquentée (avant ou après-midi)?
- Le niveau d'acquisition de ces connaissances sur la notion des entiers des relatifs serait-il fonction du sexe?

Suite à ce questionnement, l'objectif de cette recherche se trouve ramené à l'évaluation de niveau d'acquisition des connaissances des élèves de première année du secondaire sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs dans la ville de Goma. Elle vise à faire un bilan des connaissances de ces élèves sur la notion d'entier relatif. Elle vise ensuite la vérification de l'accomplissement de l'un des objectifs assignés aux Instituts Supérieurs Pédagogiques, celui de mener des recherches dans le domaine de la pédagogie en vue de découvrir les meilleures méthodes susceptibles d'améliorer la qualité de l'enseignement primaire et secondaire (\*\*).

Ce travail s'ordonne autour des hypothèses de recherche suivantes : - Le rendement serait influencé par les types de vacation (avant et après-midi) des écoles et serait moins satisfaisant chez les élèves de l'après-midi que de l'avant midi. -Le sexe n'aurait pas d'influencé sur le rendement des élèves de première année secondaire des écoles de Goma sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  d'entiers relatifs serait médiocre.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons adressé à 165 élèves ayant terminé la première année secondaire un questionnaire leur demandant d'apporter des réponses aux questions sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs. Avant le questionnaire proprement dit, une pré-enquête a été effectuée pour nous rassurer du problème de départ. Après récolte des données, les recherches statistiques (statistique descriptive, inférentielle et analytique) nous ont aidé à l'analyse et l'interprétation des réponses de nos enquêtés à notre questionnaire. Ces deux ont été appuyés par la technique documentaire pour constituer la partie théorique de ce travail.

## 2 DES ASPECTS THEORIQUES ET TERMINOLOGIQUES

L'évaluation se définit de plusieurs manières.

Selon les auteurs : les scientifiques sont d'avis que l'évaluation désigne l'action d'évaluer.

- Evaluer, selon DE KETELE, c'est examiner le degré d'adéquation entre un ensemble d'informations et un ensemble des critères adéquats à l'objectif fixé en vue de prendre une décision. [(2), p6]
- Pour Tourner Y. et Vassamillet, évaluer c'est prendre et traiter l'information que l'on va utiliser en vue de décider ou de modifier une décision déjà prise. [(6) , S.A.]

De ces deux définitions, nous voyons un point de rencontre qu'est la prise de décision. Cette décision peut-être : la ré medication, la certification et le rangement. L'évaluation joue donc trois rôles :

- Un rôle pronostic, dans ce cas l'enseignant veut se rassurer que l'apprenant dispose des connaissances nécessaires pour aborder une nouvelle matière, s'il a des aptitudes pour suivre une telle formation.
- Un rôle de jaugeage : il s'agit d'un contrôle des acquisitions, d'une évaluation du progrès (cas où l'on compare l'élève à lui-même) ou déterminer la position de l'élève par rapport à un groupe (classe, ville,...) . Notre enquête vise ce deuxième rôle afin de voir le niveau d'acquisition des entiers relatifs par les élèves de la ville de Goma.
- un rôle diagnostique : L'enseignant fait un inventaire des difficultés.

### 3 APPROCHE METHODOLOGIQUE

#### A. DE LA POPULATION ET ECHANTILLON D'ETUDE

##### a. Population d'étude

La population sur laquelle porte notre étude est essentiellement constituée des élèves de la première année du secondaire dans les écoles de la ville de Goma comme l'indique le tableau ci-dessous

Tableau n°1 : Effectifs des élèves par école

N°	Dénomination de l'école	Nombre des classes organisées en 1 <sup>ère</sup>	Effectif par école par sexe			Pourcentage par école et par sexe		
			Fille	Garçon	Total	%Fille	%Garçon	Total
1	Institut de Goma	8	92	102	194	8,4	9,2	17,6
2	Institut Mikeno	3	93	102	195	8,5	9,2	17,7
3	Institut Mugunga	2	43	40	83	3,9	3,7	7,6
4	Institut Ndosho	1	28	46	74	2,5	4,2	6,7
5	Institut Nyabushongo	2	20	37	65	2,5	3,4	5,9
6	Institut Tupendane	2	80	73	153	7,3	6,6	13,9
7	Institut Tuungane	2	80	73	153	7,3	6,6	13,9
8	Institut virunga	2	90	68	158	8,2	6,2	14,4
	Total	22	526	541	1075	48,6	49,1	97,7

Source : Sous division urbaine de l'EPSP/Nord Kivu I

##### b. De l'échantillon

Un échantillon peut se définir comme un sous-ensemble de la population cible. Etant donné l'immensité de notre population cible, nous avons mené nos enquêtes sur base d'un échantillon représentant 15% de la population cible soit  $\frac{15 \times 100}{1100} = 165$  élèves tirés dans toutes les écoles telles que présentées dans le tableau n°1. Ce tirage se fait au hasard selon l'urne de Bernoulli.

Tableau n°2 : Représentativité des écoles dans l'échantillon

N°	Dénomination de l'école	Nombre des classes organisées en 1 <sup>ère</sup>	Effectif total N	Fille		Garçon		Total	
				Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
1	Institut de Goma	8	194	14	8,4	15	9,1	29	17,5
2	Institut Mikeno	3	195	14	8	15	9	29	17
3	Institut Mugunga	2	83	6	4	6	4	12	8
4	Institut Ndosho	1	74	4	2	7	4	11	6
5	Institut Nyabushongo	2	65	4	2	6	4	10	6
6	Institut Tupendane	2	153	12	7,2	11	6,7	23	13,8
7	Institut Tuungane	2	153	13	9,6	14	8	27	17,6
8	Institut virunga	2	158	14	8	10	6	24	14,4
	Total	22	1100	81	49,2	84	50,8	165	100

L'effectif de l'échantillon par école a été calculé par la relation  $E_e = \frac{N \times 165}{1100}$  avec  $E_e$  = effectif représentatif de l'école dans l'échantillon, N = nombre d'élèves, 165 effectif de l'échantillon et 1100 effectif de la population.

##### c. De l'élaboration et administration du questionnaire

Lors de la construction du questionnaire d'enquête, nous avons respecté les principes suivants : la précision de l'objectif du test, la détermination du contenu du test, le choix des items, la cotation du test, le test proprement-dit et l'analyse statistique des résultats comme prôné par BAMWISHO cité par MUKE Z.M et MURHULA C.A. [(4), 2008]

Un questionnaire de pré-enquête constitué de 24 questions relatives au programme national de mathématique première secondaire sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs, et conformément aux objectifs de notre travail était adressé à 20 élèves pris

au hasard dans le groupe scolaire du Mont SINAI qui est aussi une école de Goma. Dans ce test, nous avons fait recours au type de questionnaire d'administration direct. Après correction, les éléments de réponse obtenus nous ont permis d'élaborer le questionnaire proprement-dit. Celui-ci a été définitivement constitué de 20 questions, dont 6 questions fermées et 7 questions ouvertes, adressées à 165 élèves des écoles de Goma conformément au tableau n°2. L'élaboration d'un test selon la méthode classique de la psychométrie exige au préalable un pré-test pour évaluer le pourcentage de réussite à chaque item.

Les items trop difficiles ou trop faciles sont écartés selon L. DELYS cité par MUKE. [(4), 2008] et il propose comme limite de sélection les items dont les pourcentages varient entre 10% et 90%. Conformément à ces limites de sélection, quatre items ont, après correction du pré-test, été écartés.

#### 4 PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LE NIVEAU DES CONNAISSANCES DES ELEVES SUR L'ENSEMBLE $\mathbb{Z}$ EN 1<sup>ERE</sup> ANNEE SECONDAIRE

##### A. RESULTATS DE LA PRE-ENQUETE

Après composition d'un questionnaire de 13 questions dont 6 à réponses fermées et 7 à réponses ouvertes ; 5 parmi ces questions avaient 16 sous-questions. Ce questionnaire a été soumis à 20 élèves pris au hasard du groupe scolaire Mont Sinai. Le tableau suivant reprend le résultat récolté ce 23 avril 2012.

N° de la question	Nombre de réussite par question	Nombre d'échec	Pourcentage de réussite par question
1	14	6	70
2	8	12	40
3	6	14	30
4	6	14	30
5	6	14	30
6	10	10	50
7	12	8	60
8 a.	12	8	60
b.	8	12	40
9 a.	6	14	30
b.	8	12	40
c.	6	14	30
10 a.	6	14	30
b.	6	14	30
c.	0	20	0
d.	0	20	0
11	8	12	40
12 a.	0	20	0
b.	0	20	0
c.	6	14	30
d.	8	12	40
e.	6	14	30
13 a.	8	12	40
b.	8	12	40

Le résultat de cette pré-enquête confirme l'objectif de nos préoccupations de départ. Ainsi les questions affectées de \* ont été éliminées du questionnaire définitif conformément aux limites de sélection des questions après pré-enquête. Nous avons pour ce retenu 20 questions dont 6 à réponses fermées et 7 à réponses ouvertes. Celui-ci se trouve en annexe de cet article.

##### B. RESULTATS GLOBAUX DU TEST DEFINITIF

A l'issue du test de connaissances en mathématique sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs mené auprès des élèves de première année du secondaire au cours de l'année 2011-2012, nous avons abouti aux résultats globaux repris dans le tableau n° ci-après.

Tableau n°4 : Résultats globaux sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  recueillis auprès de 165 élèves.

Ecole	N	R	%R	$\bar{x}$	S2	Q1	Q3	Me	Min	Max	$\eta$
Institut de Goma	29	6	20,6	4,724	3,411	2	6	4	0	12	23,62
Institut Mikeno /NC	29	2	6,9	5,179	2,583	3	6	5	2	13	25,89
Institut Mugunga	12	4	33,3	8,25	3,108	5,75	11	8,5	4	13	41,2
Institut Ndoshoh	11	9	81,8	11,45	3,205	10	135	11	5	17	57,2
Institut Nyaboshongo	10	0	0	0,3	0,483	0	0,75	0	0	1	1,5
Institut Tupendane	27	9	33,3	6,593	3,846	4	10	6	0	13	32
Institut Tuungane	23	2	8,6	3,739	3,347	1	5,5	2	1	14	18,7
Institut Virunga	24	2	8,3	4,292	2,678	3	5,25	4	0	12	21,4
total	165	34	20,6	5,376	3,855	3	7	5	0	17	26,8

Source : nos enquêtes

Légende

$n$  : taille de l'échantillon (nombre d'enquêtés)

$R$  : nombre de réussites

$\%R$  : pourcentage de réussite.

$Sd$  : écart-type

$Q_1$  : quantité inférieure.

$Q_3$  : quantité supérieure,  $M_e$  : Médian,  $Min$  : Minimum,  $Max$  : maximum

$H$  : rendement. Les données reprises dans ce tableau sont une émanation de nos enquêtes après calculs statistiques dont la marche est :

\*Connaissant le nombre  $N$  d'élèves dans les écoles nous avons déterminée la taille de l'échantillon  $n$  comme présente à la page 5 de cet article.

\*Détermination du pourcentage de réussite  $\%R$  ; connaissant après correction le nombre total  $R=34$  réussites, nous avons déterminé le pourcentage de réussite par école puis nous avons déterminé le total des élèves dans les écoles.

\*Détermination de l'écart-type : celui-ci est la racine carrée de la variance, il a été calculé par la relation suivante :  $\sigma = \frac{\sum x^2}{N}$  ou  $\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k n_i(x_i - \bar{x})^2}{N}$ . [(5), 2008]

\*Le rendement ( $\eta$ ) a été déterminé par la relation  $\eta = \frac{\bar{x} \times 100}{20}$  où 20 représenté le total de 100% de la population du questionnaire.

L'examen de la situation par école comme présentée dans le tableau n°4 ci-haut dressé, nous avons hiérarchisé les écoles enquêtées selon le pourcentage de réussite des élèves et les rendements de la manière suivante :

1. L'institut NDOSHO organisant une classe de 1<sup>ère</sup> année secondaire pour cette année 2011-2012 avec un effectif de 74 élèves où nous avons enquêté sur 11élèves ; 9 ont réussi soit 81,8% de réussite avec une moyenne de 11,45 et un rendement de 57,2%.
2. L'institut MUGUNGA avec un effectif de 83 élèves repartis dans deux classes de 1<sup>ère</sup> année, notre enquête a concerné 12 élèves. Seuls 4 élèves ont obtenu une note supérieure ou égale à 10/20, soit 33,3% de réussite avec une moyenne de 8,25 et un rendement de 41,25%.
3. L'institut TUPENDANE organise deux élèves de 1<sup>ère</sup> secondaire avec un effectif de 178 élèves. Sur 27 élèves enquêtés dans les deux classes, seuls 9 ont réussi soit 33,3% avec une moyenne de 6,593 soit un rendement de 32,9%.
4. L'institut de Goma : avec un effectif de 194 élèves dissimilés dans 8 classes ; notre enquête a concerné 29 élèves dont 6 ont pu obtenir une note supérieure ou égale à 10/20 soit 20,69% de réussite avec une moyenne de 4,724 représentant de 23,6% de rendement

5. L'institut MIKENO/NC organise 3 classes de 1<sup>ère</sup> année du secondaire avec un effectif de 195 élèves pour l'année scolaire 2011/ 2012, seuls 2eleves sur 29 enquêtés ont réussi soit 6,9% avec une moyenne de 5,179 représentant un rendement de 25,89%.
6. L'institut VIRUNGA/Q ayant un effectif de 158 élèves repartis dans deux classes de 1<sup>ère</sup> année secondaire, seuls 2 élèves sur les 24 élèves enquêtés ont totalisé une note supérieure ou égale à 10/20 soit un pourcentage de réussite de 8,3% avec une moyenne de 4,292 et donc un rendement de 21,4%
7. L'institut TUUNGANE a organisé pour cette année deux classes de 1<sup>ère</sup> secondaire avec un effectif de 153 élèves. Seuls 2 élèves sur les 23 enquêtés ont obtenu une note supérieure à 10/20 soit un pourcentage de réussite de 8,6% avec une moyenne de 3,739 et donc un rendement de 18,7%.
8. Vient enfin l'institut NYABUSHONGO ayant un effectif de 65 élèves repartis dans deux classes de 1<sup>ère</sup> année secondaire aucun élève n'a eu la moitié et donc un rendement de 0.

Selon donc le rendement de chaque école, nous venons de classer ces écoles selon les performances marquées par leurs élèves sur les connaissances acquises sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs.

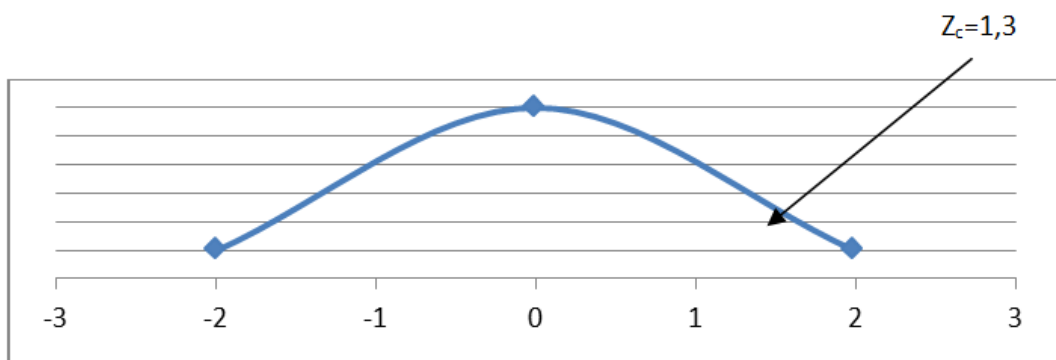
**Tableau n°5 : Résultats obtenus par les élèves en fonction du sexe.**

Sexe	N	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Féminin	81	19	23,45	5,578	3,851	2	8	4	0	14	32,89
Masculin	84	15	17,85	5,179	3,844	3	7	5	0	17	25,89
total	165	34	20,6	5,376	3,855	3	7	5	0	17	26,88

Sources : nos enquêtés

Les résultats révèlent que sur 81 filles ayant fait le test, 19 ont réussi soit 23,45% de réussite avec une moyenne de 5,578 et un rendement de 32,89%. Tandis que 15 garçons sur les 84 participants au test ont réussi soit 17,85% avec une moyenne de 5,179 représentant un rendement de 25,89%. En effet, le test Z indique qu'il n'ya pas de différence statistique significative entre les deux catégories d'élèves. En fait, au seuil de signification de 5%[(5), 2009].  $Z_{cal} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{|5,578 - 5,179|}{\sqrt{\frac{3,851^2}{81} + \frac{3,844^2}{84}}} = 1,3$ . Alors

$Z_{tabulée}$  au seuil .05 étant de 1,99.



Comme  $z_c$  tombe dans la partie moyenne, ceci signifie que le sexe n'influence pas l'acquisition des connaissances sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  par les élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire dans la ville de Goma. Ceci confirme une de nos hypothèses stipulées dans cet article

**Tableau n°6 : Résultats des élèves en fonction du type de vacation**

Type de vacation	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Avant-midi	126	28	22,2	5,96	3,762	3	8	5	0	17	29,8
Après-midi	39	6	15,3	3,487	3,575	1	5	2	0	12	17,4
Total	165	34	18,75	4,72	3,66	1	8	0	0	17	23,6

Les données de ce tableau révèlent que sur 126 élèves ayant fait le test et étudiant l'avant-midi, seuls 28 ont réussi soit 22,2% avec une moyenne de 5,96, un rendement donc de 29,8%. De même sur un total de 39 élèves étudiant l'après-midi, seuls 6 élèves ont réussi soit 15,3% avec une moyenne de 3,487 représentant un rendement de 17,4. Le test indique qu'il y a une différence entre les deux groupes ( $Z_{cal} > Z_{tabulée}$  au seuil  $\alpha = .05$  c'est-à-dire  $Z_{cal} = 7,14 > Z_{tabulée} = 1,99$ ) et  $Z_{cal} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{n_1 + n_2}}} =$

$$\frac{|5,96 - 3,487|}{\sqrt{\frac{3,762 + 3,575}{126 + 39}}} = \frac{2,473}{\sqrt{0,12}} = 7,14$$

Comme  $Z_c$  est supérieur à  $Z_{tabulée}$  alors  $Z_c$  tombe dans la région de Rejet et ceci signifie que le type de vacation a une influence sur l'acquisition des connaissances sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  par les élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire dans les écoles de Goma ; ce résultat confirme notre hypothèse selon laquelle les élèves étudiant l'avant-midi seraient plus performants que ceux étudiant l'après-midi.

**RÉSULTAT DES ÉLÈVES SELON LE TYPE DE VACATION ET LE SEXE**

**Tableau n° 7 Résultat des élèves filles en fonction du type de vacation**

Type de vacation	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Avant-midi	63	15	23,8	5,889	3,41	3	8,5	5	1	14	24,4
Après-midi	18	4	22,2	4,5	4,033	1	6,75	4,5	0	12	22,5
total	81	19									

Partant du pourcentage et du rendement fourni par les deux groupes pour les filles dans ce tableau ci-haut, l'hypothèse alternative selon laquelle il y a une différence significative entre les filles étudiant l'avant-midi et celles de l'après-midi est à confirmer. Et donc la vacation influence l'acquisition de connaissances des élèves filles de Goma car le  $Z_{cal}$  étant égal à 2,606 est supérieur à  $Z_{tab} = 1,99$  au seuil .05

**a) Résultat des élèves garçons en fonction du type de vacation**

Dans le tableau suivant, nous présentons les résultats obtenus par les élèves garçons étudiant dans les avant-midi et ceux étudiant les après midi.

**Tableau n°8**

G.AV/Ecole	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Institut MIKENO/NC	15	1	6,6	5,267	35	6	5	2	12	26,3	2,463
Institut MUGUNGA	6	1	16,6	7,667	5,15	8,75	7,5	5	11	38,5	2,160
Institut NDOSHO	7	5	71,4	10,71	9,5	12	10	5	17	53,5	3,684
Institut Tupendane	14	5	5	35,7	7,28	3,75	70	0	13	36,4	4,121
Institut Tuungane	11	0	0	3,545	1,5	5	4	1	7	17,7	2,115
Institut VIRUNGA/Q	10	1	10	3,9	2	4,75	3	0	12	19,5	3,15
G .AP/Ecole											
Institut de Goma	15	2	13,3	3,467	1	45	3	0	10	17,3	3,114
Institut Nyabushongo	6	0	0	0,5	0	1	0,5	0	1	35	0,548
Total	21	2	9,5	2,619	1	4	1	0	10	13,9	2,957

Source : nos enquêtes

Légende : G.AV= Garçons étudiant dans l'avant-midi

G.AP=Garçons étudiant dans l'après-midi

Par le tableau ci-haut, nous trouvons que le régime de vacation influence l'acquisition des notions des entiers relatifs. La différence est significative entre ces deux groupes d'élèves garçons. Un pourcentage de 20,6% pour les garçons fréquentant les écoles d'avant-midi soit un rendement de 30,1% contre celui de 9,5% représentant un rendement de 13,9% pour ceux de l'après-midi.

Par rapport au test de conformité des moyennes, nous avons trouvé qu'au seuil .05,  $Z_{cal}$  de 17,065 est supérieur à  $Z_{tab}$  de 1,99 ; ce qui traduit qu'il ya une différence significative entre la moyenne des résultats des garçons étudiant l'avant-midi et ceux étudiant l'avant-midi. Même pour les garçons, il ya donc lieu de confirmer que le type de vacation influence l'acquisition des connaissances des notions d'entiers relatifs.

**Tableau n°9 : Comparaison des moyennes des filles et garçons étudiant dans le même type de vacation.**

Type de vacation	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	H
Fille avant-midi	63	15	23,8	5,88	3,810	3	8,5	5	1	14	29,4
Garçons avant-midi	63	13	20,6	6,032	3,742	3	8	6	0	17	30,1

Source : nos enquêtes.

Par rapport au présent tableau,  $Z_{cal}$  de 0,413 est inférieur à  $Z_{tab}$  de 1,99 au seuil .05 et donc nous confirmons l'hypothèse nulle selon laquelle il n'ya pas de différence entre les élèves filles étudiant dans les après midi et les garçons du même type de vacation. Et donc le sexe n'influence donc pas l'acquisition des notions d'entiers relatifs pour les élèves du même type de vacation.

**Tableau n°10 a : comparaison des moyennes pour les différents sexes et différentes vacations.**

	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Fille après-midi	63	15	23,8	5,88	3,810	3	8,5	5	1	14	29,4
Garçons après-midi	21	2	9,5	2,619	2,958	1	4	1	0	10	13

Source : nos enquêtes.

Partant des résultats du présent tableau n°10a  $Z_{cal}=7,3072$  est supérieur à  $Z_{tab}$  au seuil .05 et donc nous confirmons l'hypothèse alternative selon laquelle il ya une différence significative entre les filles étudiant dans l'avant-midi et les garçons étudiant dans l'après-midi : les filles étudiant les avant-midi sont donc performantes que les garçons étudiant les après-midi.

**Tableau 10 b. Comparaison entre moyenne des filles à vacation d'après-midi et des garçons fréquentant les écoles d'avant-midi**

	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Fille après-midi	18	4	22,2	4,5	4,033	1	6,75	4,5	0	12	22,5
Garçons avant-midi	63	13	20,6	6,032	3,742	3	8	6	0	17	30,1

Source : nos enquêtes.

Par rapport aux résultats de ce tableau,  $Z_{cal}=2,064$ . Au seuil .05,  $Z_{cal}$  est supérieur à  $Z_{tab}$ . Il ya donc une différence entre la moyenne des élèves étudiant dans l'avant-midi. Il est à noter que les garçons restent plus performants que les filles dans ce cas. Ce qui traduit que dans les deux tableaux successifs ci-haut, le régime de vacation influence l'acquisition des notions d'entiers relatifs chez les élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire.

**Tableau n°12 : Comparaison des moyennes des élèves filles et garçons étudiant les après-midis.**

	n	R	%R	$\bar{x}$	$S_2$	$Q_1$	$Q_3$	$M_e$	Min	Max	$\eta$
Fille après-midi	18	4	22,2	4,5	4,033	1	6,75	4,5	0	12	22,5
Garçons après-midi	21	2	9,5	2,619	2,958	1	4	1	0	10	13

Source : nos enquêtes.

L'étude des résultats de tableau, avec  $Z_{cal}=3,114$  nous montre qu'il ya une différence significative entre les filles étudiant après - midi et les garçons étudiant les après-midi car  $Z_{cal}>Z_{tab}$  au point .05.

Partant de toutes les interprétations statistiques faites sur les résultats fournis par les élèves enquêtés selon le sexe et les régimes de vacation, nous confirmons que le régime de vacation influence l'acquisition des connaissances des notions d'entiers relatifs chez les élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire dans la ville de Goma. Il est aussi à savoir que par rapport aux mêmes résultats, le sexe n'influence en rien l'acquisition de l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs. Ceci est logique d'autant plus que les filles étudiant dans l'après-midi sont occupés par les travaux ménagers les avant-midis plus que les garçons.

## 5 CONCLUSION

Nous voici au terme de notre article qui a porté sur « l'évaluation des connaissances des élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs dans les écoles de Goma» pour l'année scolaire 2011-2012.

Nous avons à travers ces lignes, exposé une théorie sur l'évaluation selon certains auteurs ; lesquelles lignes nous ayant permis d'exposer le vif de notre recherche.

Après cette partie théorique, nous avons présenté les résultats de notre enquête sur le niveau d'acquisition des connaissances des élèves de 1<sup>ère</sup> année secondaire dans la ville de Goma sur l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs. A l'issue du test soumis à 165 élèves de 8 écoles de Goma, nous n'avons constaté que le rendement des élèves en ce qui concerne l'ensemble  $\mathbb{Z}$  des entiers relatifs est médiocre. La moyenne obtenue par les élèves étant de 5,376 avec un rendement de 26,8% justifie cette médiocrité cfr notre tableau n°4. Seuls l'institut Ndosho a réalisé un rendement de 57,2% en premier lieu, en 2<sup>ème</sup> lieu l'institut Mugunga avec un rendement de 41,2%. Pour les autres écoles, le rendement a varié entre 1,5% et 32,9%. De plus, le rendement de ces élèves est influencé par le type de vacation : il est moins satisfaisant chez les élèves étudiant dans les après-midi que ceux étudiant dans l'avant-midi. Signalons que ce rendement n'est pas cependant influencé par le sexe des élèves : des garçons et celui des filles.

Ces résultats confirment bel et bien les hypothèses de ce travail. Le mauvais rendement décrié dans ce travail peut avoir ses origines dans diverses phases : - le manuel utilisé, la méthodologie des enseignants car selon Guy Brousseau [3] : « La didactique des mathématiques s'intéresse aussi à la manière dont les connaissances mathématiques se construit et sont appréhendées par les apprenants, à travers des exploitations didactiques[(a), p2]. Cet état de cause parmi tant d'autres peuvent faire objet d'investigation par les autres chercheurs afin d'établir les responsabilités dans ce rendement médiocre pour cette patrie de mathématique et proposer ensuite des pistes de solution.

## REFERENCES

- [1] CINYABUGUMA M.K, *Cours de didactique spéciale de Maths*, G<sub>2</sub>MP, inédit, ISP/ Machumbi.
- [2] DE KETELE, *Docimologie : introduction aux concepts et aux pratiques*, CABAY, 1982, P.6.
- [3] DUNIA M. *Cours de complément de Didactique*, L<sub>2</sub> Maths, Inédit ISP/Bukavu.
- [4] MUKE Z.M et MURHULA C.A : *Evaluation des connaissances en biologie au niveau de la 5<sup>ème</sup> année des humanités pédagogiques au cours de l'année scolaire 2004-2005 dans les écoles de la ville de Bukavu*, In cahier du ceruki, Nouvelle série n°36,2008.
- [5] MUTANDI, *Cours de statistique inférentielle*, L1 Maths ISP/ Bukavu, Inédit 2008-2009.
- [6] TOURNER Y. et VASAMILLET G : *L'évaluation au service de la formation*, s.a.
- [7] Loi cadre n°86/005 du 22/09/1986 en son article 29

## Association between serum cytokine levels and severity of chronic obstructive pulmonary disease in Northern India

Seema Singh<sup>1</sup>, S. K. Verma<sup>1</sup>, Santosh Kumar<sup>1</sup>, M. K. Ahmad<sup>2</sup>, Mohd Waseem<sup>2</sup>, S. K. Singh<sup>3</sup>, Anuradha Nischal<sup>4</sup>, and R. K. Dixit<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Pulmonary Medicine, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

<sup>2</sup>Department of biochemistry, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

<sup>3</sup>Department of community medicine and public health, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

<sup>4</sup>Department of pharmacology, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

---

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 designed to assess the serum cytokines [Interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), Interleukin-6 (IL-6), Tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )] levels in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients and they were correlated with severity of disease by spirometric measurements. Finding of the present study is that among the severity of COPD stages, there was significant ( $p < 0.01$ ) difference in the level of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$ . TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  levels were also significantly ( $p < 0.05$ ) higher in serum among the very severe COPD than mild, moderate and severe COPD patients. There was direct correlation in cytokines levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  and IL-6 in patients with COPD and their severity. The present study signifies that the levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  and IL-6 are directly proportional to the post bronchodilator FEV<sub>1</sub> percentage. Our results provide population-based evidence that COPD is independently associated with low-grade systemic inflammation, with a different inflammatory pattern than that observed in healthy subjects. Overall, these results identify a novel systemic inflammatory COPD phenotype that may be the target of specific research and treatment.

**KEYWORDS:** Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Inflammatory markers, Severity, Spirometric analysis.

### INTRODUCTION

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is currently defined as "a preventable and treatable disease with some significant extrapulmonary effects that may contribute to the severity in individual patients. Its pulmonary component is characterized by airflow limitation that is not fully reversible. The airflow limitation is usually progressive and associated with an abnormal inflammatory response of the lung to noxious particles or gases" [1]. A characteristic symptoms of COPD are chronic and progressive dyspnea, cough and sputum production that can be variable from day to day [2,3]. A clinical diagnosis of COPD should be considered in patient who has dyspnea, chronic cough and chronic sputum production, and a history of exposure to risk factors for the disease. Spirometry is required to make the diagnosis in this clinical context; the presence of a post bronchodilator FEV<sub>1</sub>/FVC < 0.70 confirms the presence of persistent airflow limitation thus of COPD [4]. Episodes of acute worsening of these symptoms (exacerbations) often occur. Prevalence surveys suggest that up to almost a quarter of adults aged 40 years and older have mild airflow obstruction [5]. COPD is presently the 4<sup>th</sup> leading cause of death, but WHO predicts that it will become the 3<sup>rd</sup> leading cause by 2030 [6]. Mortality owing to cardiac diseases and stroke decreased over the period 1970-2002 but that of COPD doubled over the same period worldwide and the most commonly encountered risk factor for COPD is tobacco smoking [7]. Long-term smoking causes airway inflammation characterized by neutrophils, macrophage, and activated T lymphocyte infiltration and by increased cytokines concentrations such as TNF- $\alpha$ ,

IL-6. In many countries, outdoor, occupational and indoor air pollution the latter resulting from burning of biomass fuels are also major COPD risk factors [8-11]. Although COPD is a lung disease it is associated with systemic manifestations and co-morbid conditions [12]. Several studies have shown systemic inflammation in COPD patients with increased neutrophils, macrophage and T-lymphocyte numbers and high concentrations of inflammatory mediators in peripheral blood, TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$  [13-16]. The levels of many cytokines are known to be raised in serum in COPD [17] but their contribution to disease severity is still unknown. Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) laid certain criteria for clinical diagnosis of COPD. The diagnostic tool available is Spirometry. Spirometry is the measurement of the air moving in and out of the lungs during various respiratory maneuvers. The diagnosis made by Spirometry depends on the level of effort made by the patient, which may alter the diagnosis. By exhaustive literature survey we concluded that, the serum level of circulatory cytokines increases in patients with COPD. The inclusion criteria of the study are diagnosed case of chronic obstructive pulmonary disease and exclusion criteria are Patients with acute respiratory distress syndrome, Serious systemic disorders incompatible with the study (either acute or chronic affecting any other target organ in the human body), Patients with history of poorly controlled associated diseases such as heart disease, thyroid disorders, coagulation disorders and hematologic problems etc were excluded from the study. Present study is conducted for establishing the relationship between circulatory cytokines and severity of COPD, so that the clinicians may have a TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 tests apart from spirometry which are not subjective but are objective.

## **MATERIALS & METHODS**

### **STUDY DESIGN AND PARTICIPANTS**

The present study is cross-sectional and was conducted at a tertiary care teaching hospital of North India. Total 100 newly diagnosed patients from 30-80 years suffering from COPD attending the department of pulmonary medicine as per GOLD guidelines 2012 were included in the study. The written informed consent was obtained fulfilling the inclusion and exclusion criteria of the study. The study was approved by the institutional ethics committee.

### **METHODS**

Participants diagnosed as COPD were selected for the systemic serum cytokines levels. 5 ml of venous blood were collected from each patient in a plain vial and centrifuged for 10 minutes at 2655g at 4<sup>0</sup> C, serum collected; it was stored at -80° C for further analysis. Any sample showing haemolysis was discarded. TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$  were determined with a high sensitivity Enzyme-Linked Immunosorbent Assay using respective estimation kits recommended. The kits were obtained from BECTON, DICKINSON and COMPANY BD BIOSCIENCES. SAN JOSE, CA 95131 USA. Absorbance was measured at  $\lambda=450$  nm on a microplate ELISA reader (BIO-RAD, i-MARK).

### **STATISTICAL ANALYSIS**

Statistical analysis was carried out by using SPSS 16.0 version (Chicago, Inc., USA). The results are presented in mean $\pm$ SD and percentages. The Kolmogorov-Smirnov test was used to test the pattern of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  for normal distribution. The test showed non-normal pattern of these parameters. Hence, Kruskal-Wallis test followed by Tukey's post-hoc comparison tests was used to compare the levels of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  among different severity COPD. The p-value<0.05 was considered significant.

### **RESULTS**

Table-1 shows the distribution of demographic profile and addiction habit of the patients. About one third of the patients were in the group 61-70 years (32%) and 51-60 years (31%). Majority of the patients were males (90%) and were ex-smokers (68%).

Table-1: Distribution of demographic profile and addiction habit of the patients

Demographic profile and addiction habit	No. (n=100)	%
<b>Age in years</b>		
30-40	10	10.0
41-50	21	21.0
51-60	31	31.0
61-70	32	32.0
71-80	6	6.0
<b>Mean ± SD</b>	56.45±10.35	
<b>Gender</b>		
Male	90	90.0
Female	10	10.0
Height in cms	163.24±8.42	
Weight in kgs	53.43±13.89	
BMI in kg/mtr <sup>2</sup>	19.89±4.32	
<b>Smoking habit (duration in years)</b>		
Current smoker	5	5.0 (24.00±5.47)
Ex-smoker	68	68.0 (25.59±7.16)
Passive smoking	4	4.0 (21.25±6.29)
Non-smoker	23	20.1

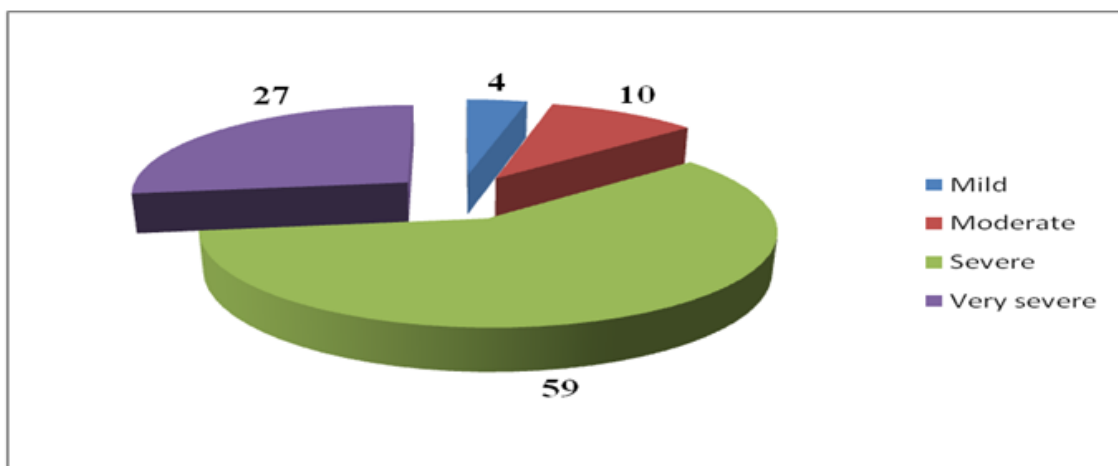


Fig:1 Distribution of severity of COPD patients according to GOLD Stages

More than half of the patients were severe (59% followed by very severe (27%), moderate (10%) and mild (4%) (Fig.1)

Table 2: Correlation of cytokines levels with COPD stages

Biochemical parameters	Severity of COPD stages according to gold criteria 2012 and cytokines levels				p-value <sup>1</sup>
	Mild N=4	Moderate N=10	Severe N=59	Very severe N=27	
Tnf –α (pg/ml)	58.81±6.88 <sup>a</sup>	65.92±32.46 <sup>b</sup>	77.89±34.74 <sup>c</sup>	186.09±63.14 <sup>a,b,c</sup>	0.0001*
IL-6 (pg/ml)	120.83±26.33	175.59±109.36	183.33±91.82 <sup>a</sup>	251.52±106.56 <sup>a</sup>	0.009*
IL-1β (pg/ml)	4.76±5.03 <sup>a</sup>	7.66±3.88 <sup>b</sup>	9.02±4.74 <sup>c</sup>	12.92±3.17 <sup>a,b,c</sup>	0.0001*

<sup>1</sup>Kruskal-Wallis test, \*Significant, <sup>a,b,c</sup>p<0.05 (Post-hoc multiple comparisons tests)

The comparison of biochemical parameters according to severity of COPD are presented in the Table-2. There was significant ( $p < 0.01$ ) difference in the level of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  among the severity of COPD. The post-hoc analysis showed that the TNF- $\alpha$  was significantly ( $p < 0.05$ ) higher among the very severe COPD than mild, moderate and severe COPD patients. Similar observation was also found for IL-6. However, IL-6 was significantly ( $p < 0.05$ ) higher among very severe than severe COPD patients. There was significant ( $p = 0.0001$ ) difference in the level of IL-1 $\beta$  among the different severity of COPD. The post-hoc comparison test showed that IL-1 $\beta$  was significantly ( $p < 0.05$ ) lower among the mild COPD than very severe. The IL-1 $\beta$  was also significantly ( $p < 0.05$ ) lower among the moderate and severe than very severe.

## DISCUSSION

COPD is a slowly progressive disease induced primarily by smoking tobacco. FEV<sub>1</sub> is measured that is a spirometric predictor of severity in patients of COPD till date. Factor that affect the decline of FEV<sub>1</sub> have a prognostic importance in COPD [18]. These results depicted that there was a positive correlation between serum levels of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  and severity of COPD so we can say that as the serum levels of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  increases the severity of COPD also increases. Population based evidence provides that COPD patients have a pro-inflammatory state with increased circulating levels of many inflammatory cytokines. The main finding was that among the severity of COPD stages there was significant ( $p < 0.01$ ) difference in the level of TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$ . TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  levels were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in serum among the very severe COPD than mild, moderate and severe COPD patients. These results correlates with **Vernooy et al., 2002** who declared that several inflammatory markers and mediators have been shown to be increased in the plasma or serum of COPD patients [19]. COPD is associated with low-grade systemic inflammation as demonstrated by an increase in blood leukocytes, acute-phase proteins C-reactive protein (CRP) and fibrinogen and inflammatory cytokines as TNF- $\alpha$ , also, during acute exacerbations of COPD, higher levels of interleukin-6 as well as acute-phase proteins CRP, fibrinogen, and lipopolysaccharide binding protein (LBP) have been demonstrated [20]. **Victor pinto-plata et al., 2007** also showed increased serum levels of TNF-alpha among the severity of COPD stages [21]. **Nervana Samy et al., 2010** showed significant increase in serum inflammatory markers IL-6 and TNF- $\alpha$  in stage I, II and III COPD and this increment was significantly higher than those of the control and stage 0 groups. Also patients with severe COPD (stage III) showed highly significant elevation in of these biomarkers in comparison to stage 0, I and II but level of TNF- $\alpha$  were more raised in corresponding stages in present study [22]. This significance raised value of TNF- $\alpha$  in corresponding stage of COPD may be due to race or genetic factor. Likewise IL-1 $\beta$  levels were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in serum among the very severe COPD than mild, moderate and severe COPD patients and this was similarly reported by **B. Singh et al., 2010** showed increased serum levels in severity of COPD stages [23]. **Akbulut H H et al., 2009** also showed increased serum levels of IL-6 among the severity of COPD stages [24]. **Sapey et al., 2009** who demonstrated significantly high levels of IL-1 beta in serum of the COPD patients as compared to the healthy controls and also proved that IL-1 beta plays critical role in COPD where it was found to correlate significantly with FEV<sub>1</sub> suggesting its role in clinical aspects of disease severity [25]. **Schmidt Loanas M et al., 2006** reported that the sputum levels of cytokines were significantly increased as compared to serum levels [26]. In the study by **Kochetkova E A et al., 2004** changes in the cytokine status in COPD patients were established and an increase in pro-inflammatory cytokines. There was hyperproduction of serum pro-inflammatory cytokines (IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$ ) dependent on FEV<sub>1</sub> [27]. Firstly, our COPD patient sample does not turn out to be necessarily representative of the COPD regularly seen in clinical practice. Due to the design of the present study, and to avoid the confusion by comorbidities, patients with several associated illness were excluded from the analysis. Present study is conducted in limited sample size i.e. 100 patients of COPD at tertiary care centre. If such type of study conducted at multi centric level the results may be more appropriate.

## CONCLUSION

Despite the limitations mentioned, the present study reinforces the view that systemic inflammation is an important phenotypic feature of COPD. Future prospective studies should investigate if these markers will give important prognostic information in relation to disease progression and severity in COPD. Cytokine levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  and IL-6 levels were substantially increased in patients with COPD and well co-related with severity.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support to this work was provided by the Council of Science and Technology, Uttar Pradesh, Lucknow, India (Grant No. CST/SERPD/D-3268)

## REFERENCES

- [1] Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of COPD: updated 2010. GOLD Report April 11 2011. pdf (accessed Oct 20, 2011).
- [2] Kessler R, Partridge M R, Miravittles M, Cazzola M, Vogelmeier C, Leynaud D, Ostinelli J. Symptom variability in patients with severe COPD: a pan-european cross-sectional study. *Eur Respir J.* 2011; 37: 264-272
- [3] Espinosa D M M J, Pena C, Soto H E J, Jareno J, Miravittles M. Variability of respiratory symptoms in severe COPD. *Arch Bronconeumol.* 2012; 48: 3-7.
- [4] Zwar N A, Marks G B, Hermiz O, Middleton S, Comino E J, Hasan I. Predictors of accuracy of diagnosis of COPD in general practice. *Med J Aust.* 2011; 195(4): 168-171.
- [5] Mannino D M, Buist A S. Global burden of COPD: risk factors, prevalence, and future trends. *Lancet.* 2007; 370:765-773.
- [6] WHO. World health statistics 2008. [http://www.who.int/whosis/who\\_stat/EN\\_WHS08\\_Full.pdf](http://www.who.int/whosis/who_stat/EN_WHS08_Full.pdf) (accessed Oct 20, 2011).
- [7] Jemal A, Ward E, Hao Y. Trends in the leading causes of death in the United States, 1970-2002. *JAMA.* 2005; 294:1255-1259.
- [8] Quint J K, Wedzicha J A. The neutrophil in chronic obstructive pulmonary disease. *J Allergy Clin Immunol.* 2007; 119:1065-1071.
- [9] Gamble E, Grootendorst D C, Hattotuwa K, O'Shaughnessy T, Ram F S F, Qiu Y. Airway mucosal inflammation in COPD is similar in smokers and ex-smokers: a pooled analysis. *Eur Respir J.* 2007; 30:467-471.
- [10] Baraldo S, Turato G, Badin C, Bazzan E, Beghe B, Zuin R. Neutrophilic infiltration within the airway smooth muscle in patients with COPD. *Thorax.* 2004; 59:308-312.
- [11] Battaglia S, Mauad T, Van Schadewijk A M, Vignola A M, Rabe K F, Bellia V. Differential distribution of inflammatory cells in large and small airways in smokers. *J Clin Pathol.* 2007; 60:907-911.
- [12] Decramer M, Rennard S, Troosters T. COPD as a lung disease with systemic consequences-clinical impact, mechanisms, and potential for early intervention. *COPD.* 2008; 5: 235-256.
- [13] Suzana E Tanni, Nilva R G Pelegrino, Aparecida Y O Angeleli, Camila Correa, Irma Godoy. Smoking status and tumor necrosis factor-alpha mediated systemic inflammation in COPD patients. *Journal of Inflammation.* 2010;7:29
- [14] Alvar A, Lisa D E, Stephen I R, William M, Ruth T, Bruce E M, Jorgen V, David A L, Peter M A C, Emiel W, Courtney C, Julie C Y, Edwin K S, Harvey O C, Per B, Ruth J M, Bartolome C. Persistent Systemic Inflammation is associated with Poor Clinical Outcomes in COPD: A Novel Phenotype. *Plos One.* 2012; 7(5)
- [15] Sigurdur J T, Olof B M, Gunnar G, Isleifur O, Bryndis B, Christer J, Sonia B A, Thorarinn G. Chronic airflow obstruction and markers of systemic inflammation: Results from the BOLD study in Iceland. *Respir Med.* 2009; 103(10): 1548-1553.
- [16] Francisco G, Marc M, Joan B S, Luis M, Enric D T, Guadalupe S, Victor S, Julio A. Systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease: a population-based study. *Respiratory Research.* 2010; 11:63
- [17] Keatings V M, Collins P D, Scott D M. Differences in interleukin-8 and tumor necrosis factor- $\alpha$  in induced sputum from patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma. *Am J Resp Crit Care Med.* 1996; 153: 530-34.
- [18] Thomason M J, Strachan D P. Which spirometric indices best predict subsequent death from Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Thorax.* 2000; 55: 785-788.
- [19] Vernooij J, Ku C U, Kaycan M, Jacobs J, Chavannes N, Buurman W, Dentener M, Wouters E. Local and systemic inflammation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: soluble tumor necrosis factor receptors are increased in sputum. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166:1218-1224.
- [20] Weis N, Almdal T. C-reactive protein can it be used as a marker of infection in patients with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Intern Med.* 2006; 17:88-91.
- [21] Victor P P, John T, Kwan L, Daniel P, John B, Hana M, Mary M D S, Rupert V, Bartolome C. Profiling serum biomarkers in patients with COPD: associations with clinical parameters. *Thorax.* 2007; 62: 595-601.
- [22] Nervana S, Abd E M D, Abeer E L K, Azza I. Clinical utility of biomarkers as predictors of lung function in chronic obstructive pulmonary disease. *New York Science Journal.* 2010;3(3)
- [23] Singh B, Arora S, Khanna V. Association of severity of COPD with IgE and interleukin-1beta. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2010; 73: 2, 86-87
- [24] Akbulut H H, Ozden M, Deveci F, Muz M H. IL-6 and IL-8 Levels in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of clinical and diagnostic research.* 2009; 2(3). 1285-1288
- [25] Sapey E, Ahmad A, Bayley D. Imbalances between interleukin-1 and tumor necrosis factor agonists and antagonists in stable COPD. *J Clin Immunol.* 2009; 29: 508-516.
- [26] Schmidt L M, Pletz M W, De Roux A. Apoptosis of peripheral blood neutrophils in COPD exacerbations dose not correlate with serum cytokines. *Repir Med.* 2006; 100: 639-647.
- [27] Kochetkova E A, Volkova M V, Surovenko T N. Cytokine status in patients with COPD and its relationship with bone tissue functional state. *Ter Arkh.* 2004; 76: 23-27.

## LES LEGUMINEUSES A IMPORTANCE SYLVOPASTORALE DES QUELQUES HAUTES ALTITUDES DU SUD-KIVU

*Patrick Habakaramo Macumu<sup>1-2</sup>, Neville Mapenzi Assani<sup>3</sup>, and Jean-Claude Mwanga-Mwanga Ithe<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Observatoire Volcanologique de Goma, Département de Géochimie et Environnement, RD Congo

<sup>2</sup>Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi, RD Congo

<sup>3</sup>Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, Laboratoire de Botanique et d'Ethnobotanique, 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:** This paper presents the research study on the inventory of the legume used in forestry and forage in the high altitude of South-Kivu (in high altitude of Kahuzi-Biega National Park, villages of Muhongoza (Kalehe), Nacibimba (Kabare) and Burhale (Walungu). We used the survey, transect and collection methods. At the end of this research we found 21 species of legume, 2 species are used in forestry and 19 are forage species.

**KEYWORDS:** Legume species, high altitude of South Kivu, forestry and forage used.

**RESUME:** Cet article présente les résultats de recherche d'une étude sur l'inventaire des légumineuses à importance sylvo-pastorale dans la partie de hautes altitudes du Sud-Kivu et précisément dans le Parc National de Kahuzi-Biega, dans les villages de Muhongoza (Kalehe), Nacibimba (Kabare) et Burhale (Walungu). Pour arriver aux résultats, les méthodes de questionnaires d'enquêtes, ramassage et transect ont été utilisés. Nous avons trouvés 21 espèces parmi lesquelles 2 sont utilisées en sylviculture et 19 sont utilisées comme fourrages des bétails.

**MOTS-CLEFS:** Légumineuses, Haute altitude du Sud-Kivu, importance sylvo-pastorale.

### 1 INTRODUCTION

La famille des Légumineuses est une des plus importantes parmi les dicotylédones. C'est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales.

Cette famille est l'une de gigantesques familles de plantes ayant actuellement au moins 18000 espèces aux services écosystémiques très importantes.

Elle est subdivisée en trois sous familles: *Faboidea*, *Mimosoidea* et *Caesalpinoidea*, APG III in Steven (2013)

Grâce à leur teneur élevée en protéines et leur capacité de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, les légumineuses sont une composante essentielle des systèmes culturels sous les tropiques.

Cette famille est sur le plan agricole importante et est spontanée ou cultivée dans le monde entier à des fins diverses, notamment la production de nourriture et de fourrage, comme les engrais verts, ou l'assurance du sol pour réduire l'érosion (GREENPEACE, 2007)

Depuis plusieurs dizaines d'années, la flore du Congo-Belge-Ruanda-Urundi a été inventoriée grâce aux études de ROBYNS et al. 1951; TROUPIN, 1983, 1985, 1986 et 1988; SCHMITZ, 1988; EVRARD, 1968; GERMAIN, 1952; etc...mais aucun

inventaire ou étude à importance sylvo-pastorale de cette famille de plante n'a jamais eu lieu jusqu'à ce jour dans notre zone d'étude.

La plupart de légumineuses sont des meilleures espèces de plantes de couverture ayant un port prostré susceptibles de couvrir le sol en permanence pour le protéger de l'érosion, augmenter le taux des matières organiques et jouer un rôle à long terme dans la fertilisation du sol. Elles réduisent le lessivage des éléments fertilisants, favorisent la dégradation des pesticides, introduisent de la biodiversité dans le système.

On estime que plus de 5% de la flore de la partie haute altitude du Kivu est constituée par les espèces appartenant à cette famille de plante mais qui reste encore peu étudiées. Cette flore est menacée par les activités anthropiques qui la détruit peu à peu. La dégradation progressive de cette flore a réellement un impact sur la composition et la dynamique de la biocénose, ainsi que sur le biotope de ce dernier. C'est pourquoi l'identification et la caractérisation sur le plan sylvo-pastorale de ces espèces s'avère de plus en plus importante avant qu'elles ne se détruisent complètement.

## 2 MILIEU D'ETUDE

Nos investigations se sont déroulées dans la partie de haute altitude du Sud-Kivu, aux coordonnées géographiques 2° et 3° de latitude nord et entre 28°20' et 29°10' de longitude Est. Son relief varie de 1500 m à 3310 m sur les monts Kahuzi au Parc National de Kahuzi-Biega. Dans le cadre de cette étude, 5 localités ont été choisies : Muhongoza (territoire de Kalehe), Nacibimba (territoire de Kabare), Burhale (territoire de Walungu), Tshivanga dans le Parc Nationale de Kahuzi-Biega.

Pour chaque localité, compte tenu de l'inégalité de superficie, en collaboration avec les paysans guides, les prospections ont été effectuées dans le but de parcourir le maximum de ruelles, jachères et formations forestières afin de rendre nos investigations plus représentatives et nos résultats plus significatifs.

## 3 METHODOLOGIE

Ce travail repose principalement sur les observations effectuées sur le terrain et sur les enquêtes basées sur des interviews directes.

### ENQUÊTE SUR LE TERRAIN

Des enquêtes basées sur des interrogations directes ont été effectuées d'Aout à Novembre 2012 dans les 4 localités de la partie. Pour ce qui est de l'identification des légumineuses, les paramètres relatifs sur la fiche portaient sur les noms vernaculaires des espèces ainsi que leurs utilisations sylvo-pastorales.

Les récoltes des échantillons consistaient en un ramassage tout au long de sentier et route et en un prélèvement au sécateur. Les échantillons ainsi récoltés ont été amenés à l'Herbarium du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro pour identification suivant les échantillons disponibles.

La distribution des espèces des légumineuses a été établie en prospectant dans toutes les coordonnées géographiques de chaque localité prises au GPS (Global Positioning System).

Les données prélevées nous ont permis de calculer les nombres d'espèces et le pourcentage des espèces à importance sylvo-pastorale. Un traitement statistique a été appliqué aux données (calcul des sommes, moyennes, etc.) et enfin des histogrammes ont été tracés.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

La partie de haute altitude du Sud-Kivu est riche en espèces sylvo-pastorales. Légumineuses utilisées en sylviculture dans la haute altitude du Sud-Kivu sont repris dans les lignes qui suivent :

1. *Albizia gummifera* (J. GMELIN) C.A. SMITH (syn. *A. grandibracteata* TAUBERT). Mushebeyi, (dial. SHI et HAVU), Nkungu (dial. LEGA)

Arbre de 10-30 m de haut, mésophanérophite. Feuilles pétiolées, composées à 5-7 paires de pennes; folioles: 9-16 paires sur les pennes; folioles en forme de losange oblique. Inflorescences terminales en capitules solitaires et pédonculées; fleurs blanches. Fruits: gousses oblongues-aplaties; graines aplaties. Cette espèce se retrouve aux altitudes variant entre 1700-2200m. Son bois est utilisé pour la production du charbon. Elle se retrouve dans les forêts secondaires au Parc National de Kahuzi-Biega et en dehors du parc.

**2. *Newtonia buchananii* (BAK.) GILBERT et BOUTIQUE.**

Arbre atteignant 40 m de haut, mégaphanérophYTE. Feuilles pétiolées, composées à 10-23 paires de pennes, 35-67 paires de folioles par penne; folioles linéaires, arquées, tronquées-obliques à la base. Inflorescences terminales et subterminales en racèmes spiciformes; fleurs subsessiles jaunes. Son altitude varie entre 1200-2700 m. Elle se retrouve uniquement au parcet elle n'est pas cultivée en dehors du Parc, son bois sert à la fabrication des bons meubles.

La présence de seulement deux espèces qu'on utilise dans la sylviculture s'explique par la préférence climatique de légumineuses : la plupart d'espèces des légumineuses arborescentes préfèrent les basses altitudes, les essences arborescentes des légumineuses ne préfèrent par les hautes altitudes.

**LÉGUMINEUSES UTILISÉES COMME FOURRAGES DANS LA HAUTE ALTITUDE DU SUD-KIVU**

**3. *Leucaena leucocephala*(LAM.) DE WILD. Luhundu (dial.REGA)**

Arbuste de 4-8 m de haut, microphanérophYTE. Feuilles pétiolées, composées 3-8 paires de pennes; 5-18 paires de folioles par penne; folioles courtement pétiolulées; lancéolées, apiculées au sommet. Inflorescences subterminales en panicules réunies en glomérules; fleurs bisexuées blanches. Elle varie entre 1700-2700 m. Ses feuilles sont consommées par les gros et petits bétails comme fourrages.

**4. *Cassia mimosoides* L. (Syn. *C. capensis* THUNB. var. *humifusa* GHESQ) Kaholosa (dial.TEMBO)**

Suffrutex de 0,5-1,5 m de haut, chamephyte dressé. Feuilles pétiolées, à contour linéaire, trapézoïdal, composées à 30-70 paires de folioles; folioles oblongues-linéaires, asymétriquement obtues à la base, aiguës au sommet. Inflorescences axillaires en racèmes 3-flores; fleurs jaunes. Son altitude varie entre 1200-2700. Ses feuilles sont consommées par les chèvres et les moutons ainsi que les cobayes.

**5. *Cassia occidentalis* L. Mujegenanjoka (dial. SHI).**

Cette espèce Suffrutescente variant entre 1-2 m se retrouve dans le parcet en dehors du parc. Ses feuilles sont pétiolées, composées à 4-6 paires de folioles; folioles lancéolées. Inflorescences axillaires en racèmes; fleurs jaune pâle. Cette espèce varie entre 1700-2700 m. Ses feuilles sont consommées comme fourrage par les chèvres et les moutons.

**6. *Crotalaria dewildemaniana* WILCZEK (syn. *C. falcata* VAHL. ex-. D.C Chijerege (dial. SHI)**

Sous arbuste de 1-2 m. de haut, nanophanérophytes. Feuilles pétiolées, sans stipules, unifoliolées; folioles à limbe elliptiques, cunée à la base, aigu acuminé au sommet. Inflorescences terminales en racèmes lâches; fleurs jaunes teintées de rouges pourpre. Son altitude varie entre 1700-2200 m. ses feuilles sont utilisées comme fourrages des chèvres et moutons.

**7. *Crotalaria longibracteata* DE WILD Chijerege (dial.SHI)**

Suffrutex de 0,6-2 m de haut, chaméphyte scapeux. Feuilles pétiolées, composées imparipennées 3- foliolées; foliolées à limbe elliptique à oblong-lancéolé, subarrondi à la base, acuminé au sommet. Inflorescence terminales en racèmes denses, multiflores, tomenteux à pubescents; fleurs jaunes. Elle varie entre 1700-2200 m. La plante entière est consommées par les moutons ainsi que les chèvres comme fourrage.

**8. *Crotalaria mildbradeii* BAKER f. (dial.SHI)**

Suffrutex de 1-3 m de haut, chaméphytescapeux. Feuilles pétiolées à stipules filiformes, composées imparipennées 3-foliolées; foliole à limbe oblong-lancéolé. Inflorescence terminales en racèmes lâches, fleurs jaunes brillant. Cette espèce varie entre 1700-2700 m. cette espèce est consommée par les moutons et chèvres comme fourrages. Elle constitue un élément centro-africain endémique et rare. J. PETIT 231

**9. *Desmodium repandum* (VAHL) D.C .Izusabalume / Irhuza (dial. SHI)**

Suffrutex atteignant 1 m de haut, chamephyteprostré. Feuilles pétiolées, à stipule linéaire, composées imparipennées 3-foliolées, foliole terminale limbe rhombique, cunée à la base, acuminé et mucroné au sommet. Inflorescences terminales en racèmes allongées lâches; fleurs rouges à oranges. Cette espèce est broutée en entièreté sauf les racines par les chèvres et les moutons.

**10. *Indigofera erecta*** HORSCH ex- A. RICH. Kasholoza (dial. SHI etr HAVU)

Suffrutex de 1-3 m de haut, microphanérophyte. Feuilles à stipules grêles, pétiolées composées imparipennées 11-19 foliolées; folioles à limbe étroitement elliptique- oblong. Inflorescence axillaires en racèmes subsessiles à courtement pédonculées; fleurs rougeâtres. Les feuilles ainsi que les tiges de cette espèce sont appréciées par les chèvres et les moutons.

**11. *Indigofera colutea*** (BURN f.) MEURILLION (syn. *I. viscosa* LAM) Kasholoza (dial. SHI et HAVU)

C'est une espèce suffrutescente de 0,2-1 m de haut, nanophanérophyte. Feuilles à stipule grêles, pétiolées, composées imparipennées 7-23 foliolées; folioles opposées à subopposées, à limbe elliptiques, cunéé à la base et mucroné au sommet. Inflorescences axillaires en racèmes multiflores; fleurs rouges. Elle est consommée par les moutons, chèvres et porcs au niveau de feuilles.

**12. *Rhynchosia mannii*** BAKER f. Kikubashekere (dial. TEMBO).

C'est une liane arborescente de 5-8 m de haut, chaméphyte grimpant. Feuilles pétiolées, à stipule triangulaire aiguë, composées imparipennées 3-foliolées; folioles à limbe ovale, cordé à la base, acuminé au sommet. Inflorescences terminales et axillaires en panicules; fleurs pédicellées rouges à jaune violet. Forêt ombrophile équatoriale, forêt ombrophile de montagne. Les feuilles de cette espèce sont consommées par tous les ruminants.

**13. *Tephrosia vogelii*** HOOK. f. Bulukuluku (dial. HAVU).

Sous-arbuste de 1-2 m de haut, nanophanérophyte. Feuilles pétiolées, à stipule tomenteuse, composées imparipennées 13-29 folioles; folioles à limbe elliptique-oblong, cunéé à la base, arrondi à tronqué au sommet. Inflorescences terminales et axillaires en racèmes densiflorés, courtement pédonculés; fleurs violettes à blanches. Forêt de transition, forêt ombrophile de montagne. Les feuilles de cette espèce sont consommées par les chèvres et les moutons. Les feuilles aussi de cette espèce servent de stupéfiants pour les poissons par la macération.

**14. *Glycine max*** (syn *Glycine soja*) Soja (dial. Swahili et Mashi)

C'est une plante herbacée à port érigé chez la plupart de variétés et la taille varie entre 30 et 180 cm. Les variétés naines sont précoces, tandis que les géantes sont tardives.

La partie aérienne comprend une tige principale et des branches latérales dont le nombre varie selon les variétés et les conditions de culture. Les feuilles sont alternes, trifoliolées, pubescentes comme les autres organes aériens, de couleur variant entre le vert pâle et le vert foncé.

Cette espèce est appréciée par tous les ruminants y compris les cobayes et les lapins.

**15. *Gycine wightii*** (Wight et ARN) Verdc.

Herbe annuelle atteignant plus d'1m de hauteur à feuilles alternes trifoliolées poussant dans les altitudes variant entre 1200-2200m.

Les feuilles de cette espèce sont broutées par les chèvres et les moutons et consommées par les cobayes ainsi que les lapins en cas d'une carence en fourrage préférée.

**16. *Phaseolus vulgaris*** L. Maharagi (Swahili) et Bishimbo(Shi)

C'est une espèce polymorphique. Dans les types nains, la tige n'a que 20 à 60 cm de haut, tandis que la tige des variétés grimpantes atteint 2 à 3 m de long. Les feuilles son alternes et trifoliolées. Chez les variétés naines, les inflorescences sont des racèmes terminaux ; dans les formes volubiles, les racèmes sont axillaires. La fleur est typique des *Fabaceae*. Ces feuilles trifoliées sont appréciées par les ruminants ainsi que les cobayes et les lapins.

**17. *Arachis hypogea*** L. Kalanga (Swahili)

C'est une plante herbacée comprenant une tige principale érigée et mesurant 15 à 100 cm de haut et un nombre variable de branches latérales sur les noeuds inférieurs (basotomie). Selon que les branches sont verticales ou horizontales, on distingue les types érigé et rampant. La plupart de variétés cultivées présentent des caractéristiques intermédiaires. Les feuilles sont alternes, composées pennées, généralement formées de deux paires de folioles; de temps en temps on rencontre une foliole. La base des folioles et du pétiole porte un gonflement appelé « pulvinus » qui provoque la fermeture des folioles la nuit, c'est-à-dire que les folioles d'une paire s'appliquent l'une sur l'autre par leur face supérieure. La base du pétiole est aussi pourvue de deux longs stipules. Cette espèce est consommée dans toute son entièresité par les ruminants, ces feuilles sont aussi consommées par les cobayes et les lapins.

**18. *Pisum sativum* L.** Majegere (Swahili)

C'est une plante herbacée comprenant une tige principale érigée et mesurant jusqu'à 0,5m de haut. C'est une espèce dont les feuilles sont consommées les chèvres et les moutons y compris les lapins et les cobayes.

**19. *Calliandra callythrosus*** Meiss

Arbuste de 2-3 m de haut, microphanérophyte. Feuilles pétiolées, composées, c'est une espèce dont les feuilles sont utilisées pour l'alimentation de chèvre ainsi que les moutons.

**20. *Sesbania sesba*** (L.) Merrill

C'est un arbuste de 1- 2 m de haut, microphanérophyte. Feuilles pétiolées, fleurs bisexuées. Fruits: gousses oblongues, aplaties; graines albuminées. Cette espèce se situe entre 1700-2700 m d'altitude. Ces feuilles son appétibles pour les chèvres et les moutons ainsi que pour les cobayes et les lapins.

**21. *Cajanus caja*** (L.) Mill.

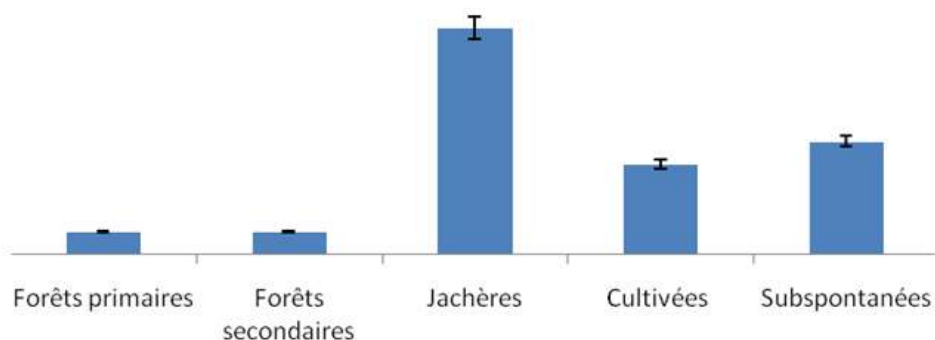
Plante ligneuse arbuste de 1-2 m de haut, microphanérophyte dont ces feuilles sont consommées en cas de carence de fourrage par les moutons, les chèvres, les cobayes et les lapins. Cette espèce se répartit dans les altitudes variant entre 1700-2700m.

**2- DISTRIBUTION D'ESPÈCES DES LÉGUMINEUSES EN FONCTION DE TYPE D'HABITAT**

Les légumineuses arborescentes à importance sylvopastorale se trouvant dans la partie de haute altitude du Sud-Kivu sont moins représentées dans la forêt primaire et secondaire (Tableau 1).Ceci s'explique par la préférence de climat chaud de la basse altitude où règne une grande quantité de la chaleur.

**Tableau n° 1. Distribution d'espèces des légumineuses en fonction des types d'habitats dans la contrée étudiée**

Types	Nombre d'espèces	Pourcentages (%)
Formation primaires	1	4.8
Formation secondaires	1	4.8
Jachères	10	47.6
Formation végétales subspontanées	5	23.8
Formation végétale cultivée	4	19.0
<b>Total</b>		<b>100</b>



**Fig.1. Distribution d'espèces des légumineuses en fonction des types d'habitats dans la contrée étudiée**

a) Forêt primaire

Formation végétale à espèce très faiblement représentée (1 espèce) *Millettia dura*. Cette espèce a été l'unique espèce réputée utilisée dans la fabrication des planches pour la construction de maisons en planches. Pour une meilleure conservation de cette espèce au Parc National de Kahuzi-Biega, l'idée de sa domestication intense est envisageable pour l'épargner de la pression anthropique que subissent les aires protégées ces dernières décennies.

## b) Forêt secondaire

Elle aussi, est présente juste par une seule espèce utilisée aussi pour la fabrication des planches. Cette unique espèce *Albizzia gummifera* trouvée dans le parc, aussi domestiquée dans les villages étudiés.

## c) Jachères

Formation végétale la mieux représentée dans les sites d'étude. Plus de la moitié d'espèces inventoriées sont les espèces caractéristiques de jachères. Ces espèces présentent un taux de plus de 50% (10 espèces) de la florule étudiée.

## d) Formation végétale subspontanée.

Elle aussi une formation végétale importance par le nombre d'espèces trouvées dans la florule, 5 espèces soit 23,8% d'espèce dans la florule étudiée.

## e) Formation végétale cultivée

C'est une formation qui a été dominée par 4 principaux légumineuses cultivée dans la partie de haute altitude du Sud-Kivu, entre autre, *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max*, *Pisum sativum* et *Arachis hypogea*. A part l'être humain, ces espèces aussi sont réputés appétibles pour les ruminants ainsi que les cobayes et les lapins.

De tout ceci, nous constatons que les espèces pastorales qui peuples majoritairement notre florule, ce sont les espèces de jachères et subspontanées ainsi que les espèces cultivées. Il conviendrait de signalé que ces résultats ont été affirmé par KAGAZO (1998) dont il affirme que les espèces forestières ne sont pas appétibles par les ruminants.

## BIOLOGIE DES LÉGUMINEUSES

Afin d'apprécier fixation d'azote par les différentes espèces de légumineuses, une analyse de leur nodules a été fait, mais le détaille de leur résultat seront signalé dans l'article qui suivra. En générale ce sont les individus de légumineuses de la sous-famille *Caesalpinioideae* qui ne nodules pas dans différentes formation végétales étudiées sur le terrain. Ces résultats ont été appuyés par KIKUNI (1994) qui affirme les individus de la sous famille *Caesalpinioidea* ne nodulent pas en général et c'est seulement moins de 10% de ces individus qui connaissent la symbiose bactérienne.

## DIVERSITE DES LEGUMINEUSES DANS DIFFERENTS TYPES DE FORMATIONS VEGETALES

Les légumineuses sont réparties de manière inégale suivant le type de formation végétale auxquels ils appartiennent.

Tableau 2. Diversité des légumineuses dans différents types de formations végétales

Types d'habitats	Localités			
	Tschivanga	Nacibinda	Muhongoza	Burhale
Forêt primaire	-	-	-	-
Forêt secondaire	5	-	-	-
Jachères	11	18	19	18
Subspontané	5	3	2	3

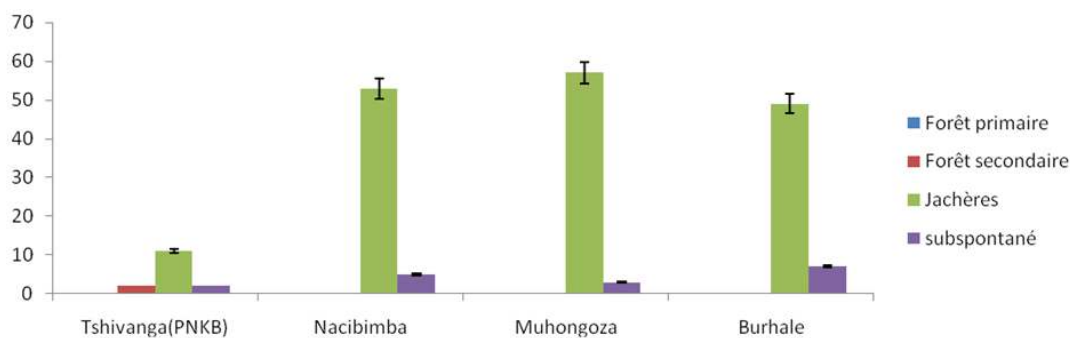


Fig.2. Diversité des légumineuses dans différents types de formations végétales

La plupart de *Fabaceae* arborescente se rencontre dans la basse altitude où leurs individus sont diversifiés d'une manière significative (EVRARD et al, 1968.). Dans la partie de haute altitude du Parc National de Kahuzi-Biega, notamment à Tshivanga et ses environs : Nacibimba, Muhongoza et Lurhala, les légumineuses ne sont pas diversifiées. Les légumineuses arborescentes ne se trouvent qu'à deux individus dans la forêt secondaire et sont absentes dans la forêt primaire. Par ailleurs, ce sont les jachères qui sont très diversifiées par les légumineuses à importance pastorale.

## 5 CONCLUSION

Cette recherche porte sur une étude des légumineuses à importance sylvopastorale des quelques hautes altitudes du Sud-Kivu à l'Est de la RD. Congo. A l'issue de celle-ci vingt et une espèces de *Légumineuses* ont été inventoriées: Deux espèces *Millettia dura* et *Albizzia gumifera* sont utilisées dans la sylviculture et Dix-neuf espèces sont utilisées comme fourrages des bétails. Nous avons parcouru cinq formations végétales dont les espèces de légumineuses caractérisant les jachères étaient les mieux représentées et forment la quasi-totalité des espèces appréciées par les bétails. Les Légumineuses se caractérisent par la fixation biologique de l'azote atmosphérique où presque la totalité des espèces de la sous familles *Caesalpinioidea* n'ont pas montré la symbiose bactérienne et donc ne nodulent pas. Une meilleure connaissance de la fixation biologique de l'azote atmosphérique de ces espèces de légumineuses caractérisant les jachères permettra de les intégrer dans les agroécosystèmes du Sud-Kivu. C'est ainsi que nous suggérons la mise en place d'un programme de recherche de méthodes efficaces d'étude de la fixation de l'azote par ces espèces.

## REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je me donne le devoir de remercier mon épouse Chimène TABARO et mes enfants Nathalie Bulonza et Eléonore Ahana pour vos encouragements et privations durant le temps qu'a pris cette étude. Je me dois aussi de remercier l'Observatoire Volcanologique de Goma, le Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro et l'Université Evangélique en Afrique ainsi que tous les autres collègues qui ont contribué à la réussite de cet œuvre.

## REFERENCES

- [1] **EVRARD L., 1968.** Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale congolaise. Publ. INEAC – Bruxelles, sér. Sc. No 110, 295p
- [2] **GERMAIN, R., 1952.** Les Associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo-Belge) en relation avec le milieu public. INEAC, S.S. N°52, bruxelles, 312p.
- [3] **TROUPIN, G., 1983.** Flore du Rwanda (Spermatophytes) vol II, 603p institut National de Recherches scientifique de Butare Rwanda Tervuren, Belgique.
- [4] **GREENPEACE, 2007.** Annual report. 24p issue de [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)
- [5] **KAGAZO W., 1995.** Florule Angiospermiqme de la forêt de l'Ituri. Mémoire inédit. I.P.N/Kinshasa, 49p.
- [6] **KIKUNI, M., 1994.** Cours de biologie du sol, Institut facultaire des Sciences Agronomiques(IFA) Yangambi, 54p.
- [7] **SCHMITZ, A., 1988.** Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. Public. CITAT, musée Royal de l'Afrique centrale Tervuren, Belgique 277p.
- [8] **Stevens, P. F. (2013).** Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, July 2012. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- [9] **Mangambu M (2010)** The importance of the Cyatheatmannianacomcommunity for the biodiversity of the Kahuzi -Biega National Park, D. R. Congo. Public. Geo-Geo- Trop. 19p
- [10] **Senterre B (2005)** Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et phytogéographie de forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles, laboratoire de Botanique et Phytosociologie, 345p + 111p d'ann
- [11] **ROBYNS W., et al 1958. 368**Flore du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi (Spermaphytes) Vol 1 à 4, 367p, INEAC, Bruxelles.

## ECOCRITICAL APPROACH TO LITERARY TEXT INTERPRETATION

**NEEMA BAGULA JIMMY**

Junior Lecturer at the Teacher Training College of Walungu, South Kivu Province, DR 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:** This article argues that junior researchers in literary criticism should learn to interpret literary texts in ecocritical approach as they do with the rest of the literary devices of age. Strategies to carry out the interpretation exercises are suggested for the learner to find a guide along his path towards reaching the meaning that the story conveys. Ecocritical approach reaches results that are not different from a tool of speech for the defense of the environment. The whole work aims to make it clear to the researcher about the ecocritical reading techniques applicable to both poesy and prose that fit the nature-reading paradigm.

**KEYWORDS:** Ecocritical reading techniques, Literary text interpretation.

### 1 INTRODUCTION

Literary critics apply several literary subjects in writing and interpreting texts of literature. They use characterization to study characters in a story as well as the relationships those characters. Besides, they use setting elements to understand the time and place of a text story so as to understand the various influences that those elements may bring to the behavior of characters during their actions, reactions, and reactions. Theme stands for the main point that the writer has chosen to bring about meaning for his potential readers. In addition, Plot explains the correlated events, that is, the major actions that link together to make up a whole: the story. These correlated actions occur in a chronological order as Exposition, Rising Action, Climax, and Denouement which leads to a new stable situation full of scars. Point of view is another device that is used by an author to determine the location of the story narrator during the story course so as help the audience to understand whether the narrator is either omniscient or limited in terms of the story events. Apart from the above mentioned literary techniques, conflict, structural analysis, comparative studies, symbolism, imagery, stream of consciousness, figures of speech are further literary techniques all used to convey meaning from literary prints given that there is nowhere in a text where it is mentioned that Here is the message I wish to send to the reader.

As research is gaining the ground along literary critics' path, further discoveries are forwarding new devices that participate in many of special subdivisions of literature. Owing to this, Ecocriticism is a very recent literary technique for both writing and interpreting literary texts discovered to be used by the coming research generations like others have been used. The Ecocritical process is initially hard to work with, but critics have set a number of strategies to help its users get used to it at a professional scale for the sake of widening the field of literature.

### 2 DEFINITIONS FOR ECOCRITICISM

Hereby, the major concept of ecocriticism and its derivations are going to be defined according to the few candidates who have made a step ahead toward understanding the concept and its application in literary criticism. Here below are some literary critics who, so far, are known for their contribution to the growth of the ecocritical approach in literary text writing and interpretation:

Owing to the root words that make up the concept, several definitions have been suggested; the first of them should be that by the Wikipedia Free Encyclopedia that Ecocriticism is the **study of literature and environment from an**

**interdisciplinary** point of view where literature scholars analyze the environment and brainstorm possible solutions for the correction of the contemporary environmental situation and examine the various ways literature treats the subject of nature, a publication of the Association for the Study of Literature and Environment in the United States of America. This definition makes of Ecocriticism an intentionally broad approach that may be designated in other ways such as "**green (cultural) studies**", "**ecopoetics**", and "**environmental literary criticism**".

The interest that the definition raises in literary studies owes much to the fact that Ecocritics investigate such things as the fundamental ecological values meant by the word *nature*, and whether the examination of place should be a distinctive category, much like class, gender or race. Also, they examine human perception of *wilderness*, and how it has changed throughout history and whether or not current environmental issues are accurately represented or even mentioned in popular culture and modern literature. Other disciplines, such as history, economics, philosophy, ethics, and psychology, are also considered by ecocritics to be possible contributors to ecocriticism.

William Rueckert may have been the first person to use the term *ecocriticism* (Barry 240). In 1978, Rueckert published an essay titled *Literature and Ecology: An Experiment in Ecocriticism*. His intent was to focus on "the application of ecology and ecological concepts to the study of literature. However, because there was no organized movement to study the ecological/environmental side of literature, these important works were scattered and categorized under a litany of different subject headings of which the more famous were *pastoralism*, *human ecology*, *regionalism*, *American Studies* etc.

A second, operational, definition in this series is rather a response to the question of what ecocriticism is or should be. It is a thought by Camilo Gomides. This broad and discriminating definition of ecocriticism: the field of enquiry that analyzes and promotes works of art which raise moral questions about human interactions with nature, while also motivating audiences to live within a limit that will be binding over generations. His contemporary Joseph Henry Vogel implements the definition and makes the case that ecocriticism constitutes an *economic school of thought* as it engages audiences to debate issues of resource allocation that have no technical solution.

Later on, Ashton Nichols has argued that the historical dangers of a romantic version of nature now need to be replaced by **urbanatural roosting**, a view that sees urban life and the natural world as closely linked and argues for humans to live more lightly on the planet, the way virtually all other species do.

### 3 ORIGIN OF ECOCRITICISM

Ecocriticism is a quite new literary aspect for many of its perspective users. Therefore, it is necessary to make it clear as to its origin. In fact, globally speaking, literature itself originates from our love of listening and telling stories. This love of man to stories is based onto the richness of Mother Nature in things that fascinate and seduce physically and inspire man with new perspectives to look at the physical setting of everything they do.

An ecocritic does whatever is pleasing to him, in green fields; in the sky, in the seas, on the hard ground, in the zoos, and in all parts of his world. He makes the clouds speak, the animals and garden flowers smile and share lots of faculties with man because, in the view of the writer, there's a close link between human and nonhuman.

So the idea of a very applicable technique in literary criticism and yet accurate device for literary appreciation came to us with a dude named **Henry David Thoreau**. Thoreau wasn't the best student. And he didn't comb his hair, and he wore a neck beard that generally grossed people out, especially his friend **Margaret Fuller**. All in all, he was the perfect kind of guy to live by himself in the woods. Though Ecocriticism as such is just an itty bitty baby theory these days, So he took off and found himself a pond, which is actually a rather sizeable lake, but we digress, and lived off the land there for a couple years.

He had a lot of help from the wealthy **Ralph Waldo Emerson** and other **Transcendentalists**. The small cabin he ended up building and writing from was actually on Emerson's property. While there, he wrote gobs of prose about **growing beans** and watching bugs and the importance of walking and how people are generally out of touch with the natural world. The method he actually applied is not clearly mentioned, but it should be agreed that the message he was trying to convey was clear: the imperative "*Live like a bean, live life simply.*"

This is nature's creed, and Thoreau thought it should inspire all of society's institutions. He thought we should model our human world after the natural one. **Walden** is Thoreau's masterpiece, and it remains *the* foundational text for Ecocriticism, even though it was never intended to be used to analyze literary texts.

The work has become such a big deal to today's ecocritic because it examines just how and why humans have become so disconnected from nature. (And neck beards. But we're hoping man's interest in those never, ever makes a comeback—unlike people's interests in conservationism, ecology, and Materialism.)

In brief, the origin of ecocriticism should be attributed to the desire of restoring the connections between humans and nonhumans. In fact, for selfishness, man centered everything on him. While doing so, the network between him and nature breaks down. The whole situation upsets Mother Nature and therefore God Himself. Considering that the link is a natural phenomenon that cannot be abused or broken, ecocritical aspects try to restore the broken harmony at the contact between both sides. And the ideal is to have a new world where man and the environment speak the same language.

As to the temporary setting, Ecocriticism is a theory still in diapers. It didn't officially get going until 1994 or so. Which means that most of the big players in Ecocriticism aren't actually literary critics: like Thoreau, they're just people who think a lot about the ways humans interact with nature. And long before 1994, the world witnessed an eccentric cast of gnarly characters who wrote about how and why humans need to go green, a way to argue that we need to alter our relationship to nature, and the stories we tell about it.

Henry David Thoreau is the designated grand pappy of Ecocriticism, he wrote *Walden*, which describes living in a simply-built cabin, fishing, going on walks, raising and selling beans, and then not paying his taxes as an act of *civil disobedience* to indicate his disapproval of the Mexican-American War and slavery.

Thoreau's work has inspired some of the world's most influential people, from **John F. Kennedy** and **Martin Luther King, to Ernest Hemingway, Theodore Roosevelt**, and even **Gandhi**. His humble, no-frills, authentic life has had a big impact on a lot of people all over the world. He was kind of like the world's first tree hugger. When he hugged a tree in the forest, he made a lot of sounds (and wrote a lot of essays) about it. And people listened.

It should be borne in mind that when people engage with stories about animals or acorns or trees, the tendency is to think *they're all about us*. For example, as you read the old classic *Animal Farm* of Ernest Hemingway, you might think, "Man, the mean pig acts a lot like my gym teacher. This story reminds me so much of my childhood." Soon, you arrive at a literary analysis that is totally centered on your less significant human thoughts, actions, desires, and motivations. But whatever happened to the pig itself to other animals and to plants! Anyway, humans seem very self-centered: they often think in **anthropocentric** ways. What do we mean, exactly, when we say "nature"? What is and isn't part of "nature"?

#### 4 ASPECTS OF ECOCRITICISM

It gives a headache to understand what ecocriticism is actually because of the diversity of the stuff it deals with. However, some lovers of his theory attribute to it each an aspect just to avoid shutting their mouths ahead the numerous words the largest book of the world, Nature, offers to describe it. Top nine aspects have received the attention of this work.

##### a) *Ecocriticism is Interdisciplinary*

It brings knowledge from different scholarly arenas to bear on your analysis of the same person, place, or thing. To illustrate the above aspect, let's consider this example: A **rose** can be a *symbol* for love. A rose is also a woody perennial that's part of the genus *Rosa*. A rose is also a royal flower. A rose can be studied from the perspectives of philosophy, botany, and history, or more. And that's the heart of interdisciplinarity.

##### b) *Ecocriticism is Nature*

Ecocritics get into some pretty heated arguments about what does and doesn't qualify as nature. In so doing, they're looking to problematize humans' self-centered views of the natural world. So, they pit two possible definitions of nature against each other: Nature = A place where humans are not—both physically and metaphorically speaking. Nature = everything everywhere. All nature, all the time. **Taylor-Lautner** thinks that Nature is everything in the world that isn't man-made: grass, the sun, wolves that aren't specifically bred by humans to be scary super-wolves or werewolves.

##### c) *Ecocriticism is Environmentalist*

Like that political movement of environmentalism, ecocriticism also strives to make people care equally about all creatures that live in any single environment. In practice, any side of the environment that is victimized by people in a way should push be repaired as soon as possible so as to seat that equality of human and nonhuman individuals who should be cared about the same way.

##### d) *Ecocriticism is Anthropocentric*

People tend to see themselves everywhere, in everything. You will hear Man, for example say: "that leaf sure looks like my lover's hand". "And that pig in *Animal Farm* was my high school gym teacher." This comparison made by man is intentionally setting for him a place in literature, botany, zoology, and love, which is ecocritically abusive and refutable.

Regularly, when anthropocentrism enters the scene, nothing can be analyzed without being compared to or informed by human perception, affinities, desires, and so on. Ecocriticism pushes back against this *navel-gazing tendency* of Man's, and requires the latter to consider nature on its own terms. Besides, it asks Man to consider *how they consider nature*, at different historical moments.

**e) Ecocriticism is Ecologic**

Etymologically, **Eco**, from the Greek *oikos*, means *home*, while *ology*, *the study of*. So **Ecology** is the study of home. This messing around with language is of less importance to this study, nevertheless, the elements that the study essentially refers to are also part of ecocriticism, that is, the study of how living things interact with each other and their environments. The illustrative terms should be the example of how mice and frogs sometimes befriend each other in India. And the results are positively adorable, fascinating. The relationship described above is all what ecocriticism dreams of.

**f) Ecocriticism is New Materialism**

Great Thinkers like to talk about how humans cannot be reduced to their physical properties, because people are really special. The same way, the New Materialists say that People are made up of their biological bits, which means that even *human thought*, and *human creativity*, that is, those idealistic qualities Man often likes to believe elevate him above other animals, are just part and parcel to human physiology. This idea might get some folks really angry. A question arises from the situation: is a frat guy really a frat guy without his frat house and his beer pong? Or is there something about The Dude, something in his person or his *essence* that is essentially fraternity? The response is all but negative because the ideal at every step is to make complementarity and equality among all creatures.

**g) Ecocriticism is science**

It has been already mentioned that this theory is quite interdisciplinary. It gets its fundamental stuff from various domains which treat of the interaction between creatures. That is how it is also science because it does all what any science does. Eversince, it becomes a rigorous, empirical business that people like you get into when they observe something about the world, then make a hypothesis about how that thing works, and then *test their hypothesis*. In the preceding lines, **Henry David Thoreau** has been said to have done an adventure in the bush where he observed growing beans and happened to produce a literary work of fame today on the basis of the hypotheses he drew from the natural behavior. And that was the beginning of ecocriticism. If really this definition of science is closely describing what David Thoreau did, so ecocriticism is science. In science today, for example, people are observing new diseases and attempting to cure them (Curing cancer and HIV is expected from those observations). This will be made to restore the harmony that abnormal conditions of the body or the mind have destroyed. New life, a world without trouble is the goal of each of the steps that science/ecocriticism set.

**h) Ecocriticism is Wilderness**

See also Nature. But in addition, ecocriticism tends to bring together natural aspects of this world and the fruits of technology. It calls therefore that magical land that is far away from human cities, cars, annoying appliances, and repetitive office work, the wi-fi router... wilderness.

**i) Ecocriticism is Conservative**

The conservative aspect of this baby theory is meant by the fact that it is a powerful tool of speech for the defense of preserving this beautiful world we inhabit for future generations of humans. **Conservationists**, then, spend a lot of time thinking up ways to reduce people's negative impact on the environment (which is home to many, many species of squirrel), while also promoting *the natural order of things*.

**5 PRACTISING ECOCRITICAL READING IN LITERARY TEXT ANALYSIS**

**a) Preliminaries**

Ecocritics consider the many relations between literature and the natural world. And in seeking to expand our understanding of the environment, they crank that music and let literary studies party with the hard sciences. An ecocritic believes that literature is a type of living, a breathing being.

**b) Strategies of Ecocriticism**

Ecocriticism is a really new branch of literary criticism. Using it requires certain knowledge of basic strategies in order to reach a clearer understanding of what is intended by the text of which ecocritical reading is going to be done. This owes

much to the fact that most of other literary branches are usually developed in respect to a number of guide lines. Hence, for this particular technique, some strategies have been suggested by early literary ecocritics.

At the beginning of any work of text interpretation, an ecocritical reader must bear in mind that ecocriticism wants us to take a step back from our navel-gazing and ask such questions as:

- How have people related to nature in different ways at different points in history?
- What's all that got to do with evolving technologies, industrialism, and post-industrialism?
- Is "place" under an oak tree with a squirrel eating a nut, a distinctive lens through which we should read literature and see the world?
- What do our different approaches do to the natural world, e.g., Rape and pillage? Preserve? Adore? What?—and to *writing* about the natural world, tell us about human development throughout history? What do they tell us about nature itself? About subjectivity and objectivity?

The responses to the above questions are powerful tools to read a text and get an environment protection related message of peace and friendship among creatures. A serious analysis will therefore bring the reader back to three major strategies that really should not be separated during the process:

- The description of nature;
- The description of Man, and
- The relationships between humans and nonhumans.

The first strategy is the description of Nature. It is made in respect to the view that Ecological criticism begins with recognition of the nonhuman, the study of literature as if the environment mattered (David Mazel, *A Century*: p1). Ecocriticism asserts the primacy of the natural world by expanding the field of literary study from merely social relations to the discursive constructions of nature in texts. In so doing, three major things rise to attract the critic about ecocritical reading:

- It takes as its object natural, constructed and imagined places;
- It seeks to broaden the ethical domain of language to the non-human; and
- It frames questions about how we experience the natural world as well as how our textual representations of nature render meaningful the world around us.

Most of the time the description of Nature is made possible with quality adjectives so as to afford providing appropriate answers to the question "**What's Nature" in this particular text?** The first trial to respond to this question took place in the early days of Ecocriticism debates by environmentalists. There is a heavy dosage of environmental activism in this style of literary analysis, no matter how we answer the question. Four major answers were suggested in those debates in addition to the one you may think of as you are ahead a literary text to read for understanding it in ecocritical perspective.

## WHAT'S NATURE?

### A. NATURE IS GOD

God, Africa, and Monday are written with capital initials English to emphasize them. To make them seem more important than any proper noun. So when some Ecocritics want to write nature with a capital **N**, they are equating the Natural world with Godliness. The **American Transcendentalists** were a bunch of white dudes that wrote about nature and self-cultivation. Ecocritics would later link these spiritual and societal philosophies to textual analysis. **Ralph Waldo Emerson** believed that Nature helped guys like him get away from corrupt human society and grow closer to God. **Romantic Literature** treated Nature in much the same way. In that tradition, Nature is God, and people are small and insignificant and only mess things up.

There is something that ecofeminism addresses today concerning what Adam and Eve did in the Garden of Eden; in the views of the authors of Romantic Literature, actually Eve was the one who really screwed it all up. Even the author of several nature-writings **John Muir**, believed that *Yosemite* was a type of church. Every cliff was a cathedral, every cloud a choir of angels, every flower a prayer. Nevertheless, many Ecocritics and environmentalists oppose the idolization and idealization of the natural world because of many reasons. For one, the science of trees and birds and all that is often far richer than what is implied by this human-desire-centric view of nature. Nature has got a lot of its own purposes, you know; it's not just around to serve as our guiding light. The choice to position nature as our God or as our ward says a lot about who we are.

## B. NATURE IS A VICTIM

Saying that Nature is a victim implies the presence of a disturbing creature that impacts it negatively. In the context of this theory, men and women are pointed to by ecocritics as enemies that need to be set out of reach of Mother Nature, which disconnects them from her beauty. **Rachel Carson** and **Aldo Leopold** uncovered all the ways men and women are disconnected from nature and how that lack of intimacy between us and our environment leads people to abuse the bejesus out of nature.

In the same range of thought as **Upton Sinclair's** *The Jungle*, **Carson's** *Silent Spring* and **Leopold's** *A Sand County Almanac* both show how literature can be a tool to critique the harmful practices of human society—only the latter two works focus on the brokenness of the **human-nature relationship**. And so these writers pushed back against the idea of nature as a pristine religious experience (*I will bless you, tiny human, with my awesome rainbow*) by emphasizing how nature is a victim of our horrible practices. Instead of being there for man to worship, nature is there to be abused. And now that nature cannot take it anymore, humans have got to step in and save it. **Weird** (fated) relationship (*I abuse you, and then I save you*). In addition to being yet another site for reflection on the fundamental nature of humans, this element of the great debate about "What is nature?" raises a lot of questions about how invasive our "green," nature-saving' practices should be. For instance,

- Are we supposed to arrange our lives so as to impact the natural world *less*? Or
- Do we have to get out there and plant some trees? Etc.

## C. NATURE IS A WILD PLACE FOR PEOPLE TO DISCOVER THEMSELVES

The contact between man and nature is an opportunity for man to mirror himself so as to understand what sort of creature he is. It sounds, however, queer that in the process it often hard for him to get enlightened about his own life. Except the few honest souls that accept that in the contact man is corrupt, it is often hard to understand what man looks like in this particular situation, barked loudly about how awful human habitats are.

According to **Edward Abbey**, a Transcendentalist-stylist, people are corrupt, and we corrupt the world we live in. So, he believes that true nature is only found out in the **wilderness**, and that traveling into said wilderness is the only way we can discover who we truly are. The illustrative case he takes includes the wild wilderness adventures of the British and American male that have been well-catalogued in The Canon—consider *Moby-Dick*, *The Old Man and the Sea*, and *Heart of Darkness*.

In each of these tales, a man gets out of Dodge, discovers himself, conquers death (or not), has profound visions (or not), and returns to society *changed*. He then shares the secrets of the universe with his poor and limited society (or not). Or these guys just continue to make for themselves riches and only return to wilderness on expensive vacations. In any case, this Eco-school-of-thought positions Nature not as God, exactly, but as a place to discover God in one's self. Some people think that is a pretty self-centered and anthropocentric notion.

## D. Nature is LITERALLY everything

Unlike prior thinkers, the newest ecocritics like to argue that there is as much nature in a National Park as there is in a shopping mall. Ecocritics like **Lawrence Buell**, **Serpil Oppermann** and **Dana Phillips** are now actively moving away from the debate over what is "natural" and what is "unnatural" or man-made. These writers think human habitats can get pretty wild. So cities can be counted as wildernesses. And there is little nature out there that is truly untouched by human hands at this point, except a lot of the ocean bottom.

While today's ecocritics think that in order to move environmental thought forward, we have to embrace action that cleans up our cities, too. To end with, the answer to that "What is nature?" debate might not be an answer at all—it might be a new set of questions intended to know the most important mysteries of literature and human behavior.

The second strategy consists of describing man. The kind of description you do here in not necessarily physical, spiritual, moral or what, unless it will fall into a study of characters. It rather looks at the affective aspect, that is, the behavior of man in interaction with his environment. A sharp eye will be focused on the artificial environment set by man because it part of human nature. For GARY SNYDER, *Ecocriticism as a Practice of Reading* (1997: p xxv), Ecocriticism proposes a radical mode of **intertextuality** that encompasses both the human (built) and nonhuman (natural) environment.

As distinguished from other critical approaches that focus attention on the social and cultural contexts in which those texts are written and read, the ecocritical perspective is shaped by the idea that the practices of reading and writing take place within and affect cultural systems, and that cultural systems arise out of and are determined by the natural systems of which they are always already a part.

Unfortunately, Ecofeminist scholarship has emphasized most explicitly, the domain of nature has been culturally constructed in particular and often destructive ways; it is therefore not surprising that a growing number of ecocritics have turned their attention from the **pristine** and privileged domain of wild nature to the urban and suburban environments where issues of race and class and social justice become central analytic concerns. In a way, the description of human environment

The last strategy in the list is the relationships between both worlds. Indeed, understanding the possible relations among them is of critical consideration in the interpretation process of a literary text. In fact, there are many relationships that may be spoken about, but the most critical in an ecocritical perspective include the following:

- Natural Relationships
- Artificial Relationships

The Natural relationships include those between sets of species in interaction in a world that has not been altered yet. In there, species move in a quite natural way so as nothing can be said to belong to a species and not to another; everything belong to everybody for the welfare of all. Adam and Eve were the first humans to share such a world with animal and vegetal livings until one of them broke the natural law. In this kind of relationship, you find the **Human – Physical environment Relationship** (human-human, human-beast, human-botany, human-water, human-air, etc.).

The artificial relationship also identified to human one is the relationship that species set for themselves. The more concerned species in this context if mankind. It stands for the altered world where mankind, to satisfy his selfish desires, transforms the physical environment for his own welfare. Most of time this, occurs with the pushing technology. Hereby, part of the physical world is set apart from the rest of the whole for quite personal use and with destructive purpose. The most illustrative case of this truth should be the creation of industries, firms, where the machine is receiving greater attention from man in disfavor of other species. Moreover, other species face serious problems when man behaves that way. In search for his new life (life without other species), ecological problems and the whole world is affected.

Ecocriticism has, in a way, developed rapidly from a literary concern with nature writing in the perspective of restoring the natural law that the ignorant man has tried to disturb. This literary view the physical environment started in the United States to a broader investigation of the ways language and thought mediate human relationships with the physical environment. From its initial study of a group of nature writers, such as **William Wordsworth, Henry David Thoreau, Susan Fennimore Cooper, John Muir, John Burroughs, Mary Austin, Aldo Leopold, Rachel Carson, as well as Annie Dillard, Edward Abbey, Wendell Berry, Gary Snyder, and Barry Lopez**, the field now encompasses a wider spectrum of environmentally-oriented texts and authors, non-literary environmental discourses, and disciplinary, interdisciplinary and extracurricular contexts.

At the end of the text analysis, it is a good idea if some suggestion is made to restore harmony in the part of the physical world that has been altered during the interaction among its residents. For instance, in text where trees are complain about deforestation, or a mountain screaming for rescue about its minerals, it may be suggested to grow more trees, turning the minerals back to the underground.

In another case where a woman is screaming that a snake bites her baby, probably better should be to carefully study the reason for a snake to bite a human baby, then search for a common ground for both species. In fact, the ideal world as foreseen by Nature (God) should be one without war, catastrophe, screams and cries. In a way, a snake will always fear man and vice versa, but what if both would happen to live together?

In spite of the permanent hindrances that ecocritics meet along their path, they keep optimistic as to the restoration of harmony among all species and the physical world. For them, there will be set a new world where none of creatures and their environment will fight another. They trust strongly in the power of the world so that nothing will defeat it even if the struggle lasts for all days. **Charles Sanders Peirce**, said, "Whatever it actually is, it will not fulfill our conceptions or assumptions. It will dodge our expectations and theoretical models. The greatest respect we can pay to nature is not to trap it, but to acknowledge that it eludes us and that our own nature is also fluid, open, and conditional."

From, Charles' belief, one understands that there's nothing man has to dictate to his physical because his knowledge of it is very restricted to very small things that cannot help him understand it fully. This is probably why despite the destructive eye with which he looks at world the latter persists and he does not. Globally, not only is our knowledge thus limited in scope, but it is even more important that we should thoroughly realize that the very best of what we, humanely speaking, know about the world [we know] only in an uncertain and inexact way.

## 6 REASONS FOR USING ECOCRITICAL READING IN LITERATURE

For readers, it is often nonsense to do anything for the sake of doing it. Ecocritical perspectives have been searched and brought to life so as they can help deal with literary reading and writing in a rather professional way. This theory differs from others in opportunities and the expected results from it. Its contribution to the growth of the field of literature should be acknowledged and talked about.

There are three proud monuments parents of literary criticism who don't always get along concerning these reasons, but they all agree on one central notion that ***both our imaginations and understandings of the environment expand when we dissect the relations between the human, the natural world, and the text.***

The top in their list is **Lawrence Buell**. He thinks we lack imagination when we analyze nature. He is on that whole, "not every pig is a fascist just because Orwell said it was" bandwagon. The second is **Serpil Oppermann**. Ole Serpy stresses the need for this theory to be interdisciplinary. Like, how are we supposed to wrap our little minds around the real meaning of the tree in *A Tree Grows in Brooklyn* if we don't even understand how **photosynthesis** works? For him, the approach to a literary text requires knowledge from other life domains so as to understand and interpret the phenomena the text describes. Therefore there's nothing to boast for in lit crit unless you have completed the knowledge of things from several resources. The last of team is **Dana Phillips**. This guy thinks we over-romanticize nature, and that contemporary nature writing is basically a crock. He would really like for us to re-think what we mean when we use the word **nature** to begin with, actually.

When most lit critics analyze texts, all they think about is *me*. What do *Spy Novels* have to do with *my* contemporary life? With *my* beauty and *my* flaws?, etc. It should be borne in mind that humans have never invented the material world that authors write about; for example, rose (as a rose, not just as a symbol, Congo's equatorial forest, and so on. As people, we've just fashioned particular ways of talking and writing about the material world. So, Ecocriticism challenges us with this question:

Why read literature as though it's all about us, when so much of what gets captured in The Canon is *not human*—is *more than human*, even?

Ecocritics want us to

1. Investigate what the tendency to see ourselves in every-little-ant (that is, to **anthropomorphize** our natural world) tells us about the human condition.
2. Analyze how the actual real, scientific facts of nature influence our lives and our literature.

In practice, when it comes to reading *The Canterbury Tales* with our Ecocriticism Eyeballs in, for instance, we might ask: How did disease (particularly the Bubonic Plague) influence the language of these tales? What about **Charles Darwin's** theory of **evolution** and the literature of **George Eliot**? What's up with those volcanoes and Mary Shelley's *Frankenstein*?

**Ecocriticism becomes a nice theory for the reason that it helps to wrest us out of ourselves and into the real world.**

As for the theorists, they should care about Ecocriticism for much more important reasons than **Nature is excellent** and **Animals are adorable**. They must bear in mind that incorporating the scientific study of natural objects into literary criticism helps scholars to better understand how nature might be its own force in literature (one that operates outside of human principles and motivations). It grants new insight into people.

When we view great texts through a less anthropocentric lens, we can reveal the hidden ways volcanoes and clouds and other awesome nature-type-stuff influences human thought and behavior. We may even get at the root (pun intended) of why we're so obsessed with seeing ourselves in every overturned leaf and glassy pond.

## 7 CURRENT CONSIDERATIONS OF ECOCRITICISM

Globally speaking, ecocriticism is a really new branch of literary criticism. It can seem like it is all over the planet today, but true. The theory has got some issues with focusing its attention on a particular topic, or moving in one steady direction. We guess that is what happens when a movement attempts to analyze the nature of Nature itself, which ultimately includes human nature and literature.

However, that does not mean that Ecocriticism is an anything-goes kind of theory. Today's ecocritics are interested in both analyzing how literature is a part of the problem; the way we nature is portrayed in books reflects man's problematic

relationship to it, and part of the solution, the text can be an activist tool for helping people to take better care of the environment.

So from the intellectual fray, two distinct groups of thinkers have emerged: the New Materialists and the Ecofeminists. And these two groups offer disparate approaches to trying to save the environment/the world. New Materialists believe that by paying attention to the physical details of our natural world, we will be better analysts of the text, of people and life, and the great everything. Ecofeminists, on the other hand claim that men love to make rules and draw lines. As in, *let's draw this line around this pretty piece of land and call it a National Park and here are the rules for this park: You pay to go in. No one can live there. The animals can't leave. The people running the place will wear snappy uniforms that will look like they're in the military.*

*Seeking and Speaking in the Environment-Poem is also part of current news of the ecocritical theory; the argument that poems offer models for relating to environments has been made recently with varying degrees of literal intention. Mathew Cooperman suggests that "the question of relevance demands an environmental imagination" in contemporary poetry, and that those poems are most significantly responsive to this demand which moves from Echolocation, mapping a place through voice, to Ecolocation, an experience of "the World in scale. From this perspectives, poems are environments in that they map or describe places in a way that leads us to "relate ethically to where we live" Angus Fletcher in his outlining a literary tradition of descriptive poetics that runs from Jonh Clare to William Whitman to John Ashbery, offers a less concrete conception of the poem as environment.*

*Indeed for poetry, contrarily to science, human belonging and not belonging is the criterion for membership in an environment and all environment-poems are striving to present this structure on two levels today:*

- 1) *The poetry will express the mere existence of those creatures who belong or do not belong, and*
- 2) *It will show how this belonging occurs, especially tracing the boundaries that define inclusion and exclusion.*

## 8 CONCLUSION

This work has been Entitled Ecocritical Approach to literary text interpretation. It is a qualitative research paper that has tried to present its results in a form of learning younger researchers in the field of literature to use the theory of ecocriticism in their ever day attempt to interpret a literary text of prose or poesy. Also, it has been designed in such a way as to look like tool of speech for the defense of the physical world so as to restore the connection that broke between mankind and his world some time ago.

The work has developed six major sections including the definitions for the concept of Ecocriticism according to different critics, the origin of ecocriticism in time and place, the aspects of ecocriticism, the practice of ecocritical reading, the reasons for ecocritical approach in text interpretation, and the current considerations of this theory.

This work is just a collection of many ideas from various literary critics who enjoy pushing literature forward through research. Therefore, it may be reliable to certain weaknesses related to the human nature of its author, but it keeps its sense of guide to interpreting literary texts.

REFERENCES

- [1] Brian Glaser. *Journal of Ecocriticism* 4(1) January 2012, Chapman University, 2012;
- [2] Joseph Meeker. *The Comedy of Survival* 1974.
- [3] KenHiltner: *Ecocriticism: The Essential Reader*, 2013.
- [4] Marilyn Cooper. *The Ecology of Composition* 1986.
- [5] Marvin Harris. *The Rise of Anthropological Theory* 1968.
- [6] McKibben, Bill. *The End of Nature*: New York: Random House, 1989.
- [7] Merchant, Carolyn, *Nature as Female: The Death of Nature: Women, Ecology, and the Scientific Revolution*New York: Harper and Row, 1980.
- [8] Naess, Arne. *The Deep Ecological Movement: Some Philosophical Aspects in Philosophical Inquiry, Volume 8, Issue 1/2* 1986.
- [9] Raymond Williams. *The Country and the City*, 1973.
- [10] Shepard, Paul. *Introduction: Ecology and Man—A Viewpoint in The Subversive Science: Essays Toward an Ecology of Man*: Boston: Houghton Mifflin Company, 1969.
- [11] Snyder, Gary. *The Place, the Region, and the Commons in The Practice of the Wild*: San Francisco: North Point Press, 1990.
- [12] William Rueckert. *Literature and Ecology: An Experiment in Ecocriticism*, 1978.
- [13] Williams, Raymond. *The Country & the City*. New York: Oxford University Press, 1973.

## Assessment of Antioxidant Capacity of 16 Cultivars of Sesame (*Sesamum indicum*.L) from Different Areas

H. Rizki<sup>1</sup>, F. Kzaiber<sup>2</sup>, M. Elharfi<sup>1</sup>, A. Nabloussi<sup>3</sup>, S. Ennahli<sup>4</sup>, and H. Hanine<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of valorisation and security of food products, University Sultan Moulay Slimane, Faculty of sciences and techniques, Beni-Mellal, Morocco

<sup>2</sup>Laboratory of applied spectro-chimie and environnement, University Sultan Moulay Slimane, Faculty of sciences and techniques, Beni-Mellal, Morocco

<sup>3</sup>Plant Breeding and Genetic Resources, Regional Agricultural Research Centre of Meknes, Meknes, Morocco

<sup>4</sup>Department of biology, High school of agriculture, Meknes, 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:** Sesame (*Sesamum indicum*.L) is one of the most important oilseed crops, having seeds and oil that are highly valued as a traditional health food and recently, natural antioxidants have gained increased interest because natural food ingredients are safer than synthetic ones. Antioxidant activity and bioactive molecular tests were carried out on 16 cultivars of sesame seeds from different areas in the world. This activity was found to be high ranging between 59 and 64% for the samples; this result can be related to the large amount of phenolic and flavonoid contents with the values 3.79-3.97 mg/g and 0.127-0.147mg/g respectively. The flavonols content was ranging between 0.400 and 0.421mg/g EQ per mg extract. Those results strongly suggest that phenolics compounds are a good natural antioxidant and also put the American cultivar in the first choice for the customer with the Indian and Morocco ones. Due to its all favorable properties; sesame seeds could be used in either food or cosmetic and pharmaceutical products.

**KEYWORDS:** Sesame (*sesamum indicum*), Antioxidant activity, Phenolic, Flavonoid, Flavonols.

### 1 INTRODUCTION

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the most important oilseed crops in the world which is due to its high content of lipid [1], it is not only a source of edible oil, but also widely used in baked goods and confectionery products [2]. It is also consumed as a nutritious food, beneficial to health in oriental countries. Many studies have been conducted to investigate the health-promoting effects of sesame [1], It has been cultivated for centuries, especially in Asia and fibrous husk. As such the meal is only useful as cattle feed in Africa. In 2009, the world production of sesame seed was 3,976,968 tons and the major production areas were Asia (2,489,518 tons) and Africa (1,316,690 tons), constituting about 62.6 and 33.1% of the total world production [3]. Sesame had also been used throughout East Africa where it is mainly grown for grain and oil [4]. So, many countries produce and export this product, mainly China, Japan, India, Cameroon, Egypt, Senegal, Brasilia and Iran [5][6][7][8]. As for Tunisia, 80% of the needed sesame seed is imported from Sudan and 20% from Egypt [9]. Sesame meal has a composition of 7.92% moisture, 27.83% about 62.6 and 33.1% fat, 30.56% protein, 6.22% fiber, 5.27% ash and 28.14% carbohydrate. Extraction of oil has led to increased protein content of defatted sesame meal (41.15-49.58%). This meal can be used as a protein source ingredient in the food industry, the residue sesame oil cake contains on an average 32% crude protein, 8-10% oil, total oil and albuminoids of 40-42% and rich in essential amino acids namely methionine and cystine [10]. And the sesame shows great antioxidant stability, this could be attributed to endogenous antioxidants namely lignins and tocopherols [11] [12]. It showed that the addition of unsaponifiable matter extracted from sesame seed increases the

stability of sunflower oil. This stability is more pronounced in the case of unsaponifiable matter extracted from roasted sesame seeds due to a synergistic role which was related to sesamol formed by the decomposition of sesamol during roasting [13].

Sesame seeds, for the major part, essentially transformed to halaweh, obtained after mixing the white tehneh (white sesame seed dehulled, roasted and grinded), saponin and nougat (hete-treated sucrose).the sesame seeds also present an essential material to manufacture "Halwa Chamia" which was prepared from "Tahina" and from Nougat; with an addition of some such flavoring ingredients as vanilla and walnut. "Tahina" is a paste exclusively elaborated from milled and decorticated sesame seed and for the preservation and the conservation of the by-products for a long time, great antioxidant stability is needed, to minimize any sort of deterioration or alteration. It has been proven also that sesame seed and oil may have potential as a cancer fighter. It contains large amounts of linoleate in triglyceride form which selectively inhibited malignant melanoma growth [14], Sesame seeds are valuable in treating respiratory disorders like preventing airway spasm in asthma, pneumonia, acute and chronic bronchitis. Sesame seeds are a good source of magnesium which supports respiratory health. Black sesame seeds, as rich source of iron, are valuable in treating anemia [15], Sesame seeds are a good source of calcium which helps prevent bone loss that can occur as a result of menopause. Another reason for older men to make zinc rich foods such as sesame seeds as a regular part of their healthy way of eating will increase bone mineral density although osteoporosis is often found in postmenopausal women, it is also a potential problem for older men. The beneficial properties of sesame seeds are due to their oxidative stability which is attributed to endogenous antioxidants (lignans) together with tocopherols. The stability is more pronounced in case of unsaponifiable matter extracted from roasted sesame seeds due to synergistic role. Lignans and lignan glycosides present in sesame appear to be the important functional components. The main sesame lignans are sesamin and sesamol which are found in sesame oil, those compounds are believed to play an important role in the oxidative stability of sesame, this stability is different between the black sesame seeds and white, yellow sesame seed, and also the difference can be due to the origin of the seeds. The aim of this study was to evaluate the antioxidant stability and phenolic compounds of different cultivars from different area in the world.

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **2.1 PLANT MATERIAL**

The cultivars studied represented material collected from locations where sesame grows in the world, with 16 different cultivars which are from India (I), Turkey (T), Arabi Saudi (A S), Egypt (E), Morocco (M), and 11 accessions from United states (USA), The accessions of the sesame (*sesamum indicum*.L) of USA were imported and grown in Morocco in the same cultural practices during the rainy season in the year 2013-2014 at the INRA, and phytochemical properties were evaluated.

### **2.2 CHEMICALS AND REAGENTS**

The solvents and the chemicals used were of analytical grade, ethanol and distilled water were used as solvent for extraction of antioxidants compounds. 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Trolox Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, phenol reagent, gallic acid, aluminium trichlorid, quercetin, were stored at prescribed conditions in the laboratory.

### **2.3 ASSESSMENT OF BIOACTIVE ACTIVITY**

#### **2.3.1 PREPARATION OF SEED EXTRACTS**

The seeds of each cultivar were ground in the mixer separately. 10g of the powder was weighed and suspended in 100ml of 90% ethanol and kept for shaking for 2 hours. After filtration with whatman paper, the samples were subjected for vacuum evaporation. The extract was redissolved in a 2 ml of 90% ethanol and assayed for its antioxidant activity, phenolic, flavonoids and flavonols contents [16].

#### **2.3.2 DPPH RADICAL SCAVENGING ACTIVITY**

For determination of the antioxidant activity of sesame extracts, the stable, 1 diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) radical was used [17]. An aliquot 0.5ml of DPPH solution was diluted in 4.5 ml of methanol, and 30µl of ethanolic solution sesame extract was added. A control without extract was also maintained. The mixture was shaken vigorously and allowed to stand

for 45 minutes in the dark and the absorbance was measured at 515nm. The antioxidant activity of the extract was calculated using the formula,

$$\% \text{ scavenging activity} = ((\text{Absorbance sample} - \text{Absorbance control}) / \text{Absorbance control}) \times 100.$$

### 2.3.3 ABTS RADICAL SCAVENGING ACTIVITY

ABTS radical scavenging activity of sesame extracts was measured by the ABTS cation decolorization assay as described [18] with some modifications. The ABTS radical cation (ABTS<sup>•+</sup>) was produced by reaction of 7 mM stock solution of ABTS with 2.45 mM potassium persulfate and allowing the mixture to stand in dark at room temperature for 12 h before use. The ABTS<sup>•+</sup> solution was diluted with methanol to give an absorbance of  $0.7 \pm 0.01$  at 734 nm. The extracts fractions (1 ml) were allowed to react with 2 ml of the ABTS<sup>•+</sup> solution and the absorbance was measured at 734 nm after 30 minute. Trolox was used as a reference compound. The results were expressed as Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) values and calculated as mean value  $\pm$  standard deviation (SD) (n = 3).

### 2.3.4 TOTAL PHENOLIC CONTENT

The amount of total phenolic compounds was measured using the method [19]. 15mg of extract was dissolved in 1ml of 90% ethanol. A 10 $\mu$ l aliquot of the resulting solution was added to 2ml of 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and after 2 minutes 100 $\mu$ l of Folin-ciocalteu reagent (diluted with water 1:1) was added. After a further 30 minutes, the absorbance was measured at 750nm. The concentration was calculated using gallic acid as standard, and the results were expressed as mg gallic acid equivalents per mg extract.

### 2.3.5 TOTAL FLAVONOID CONTENT

The flavonoid content was determined [20]; 1ml of the extract was added to 1ml of aluminium trichlorid ALCL<sub>3</sub> (2%). After 15 min of incubation. The absorbance was measured at 430 nm and the results were expressed an mg quercetin equivalents per mg extract.

### 2.3.6 TOTAL FLAVONOLS

Total flavonol content was determined [21]. To 2.0ml of extract solution, 2.0ml of 2% AlCl<sub>3</sub> ethanol and 3.0 ml (50g/l) sodium acetate solutions were added. The absorption at 440 nm was recorded after 2h30 min at 20°C. Extract samples were evaluated at a final concentration of 0.1mg/ml. total flavonols content expressed as quercetin equivalent (QE).

## 2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analyses were conducted using SPSS (Statistical Program for Social sciences) version 17.0 for window. All analyses were performed in triplicate and data reported as means  $\pm$  standard deviation (SD).

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 DPPH RADICAL SCAVENGING ACTIVITY

The DPPH radical is considered to be a model of a stable lipophilic radical. A chain reaction in lipophilic radicals was initiated by the lipid autoxidation. Antioxidants react with DPPH, reducing number of DPPH molecules equal to the number of their available hydroxyl groups.

The free radical scavenging ability of sesame seeds (*sesamum indicum*) extracts were analyzed by DPPH method. The DPPH radical is commonly used for the assessment of antioxidant activity in vitro and is foreign to biological systems; he is a very stable organic free radical with deep violet color which gives absorption maxima within 515-528 nm range.

Upon receiving proton from any hydrogen donors, mainly from phenolic, it loses it chromophore and became yellow, which mean that the antioxidants react with DPPH, reducing a number of DPPH molecules equal to the number of their available hydroxyl groups. The DPPH radical is considered to be a model of a stable lipophilic radical [22].

Total antioxidant (TAS) of different sesame cultivars, expressed as Trolox equivalents, is shown in Figure 1. The total antioxidant activity of the samples tested was in the decreasing order of American 47 with the 64.17% > American 45 and 50

with 63.17% > Morocco, India, American 43 with 62.83% and 46, 48 with the value 62.33% > American 44 with 61.83% and 49 with 61.50%, American 42 with 61.17% > Egypt, American 40 and 41 with the value 60.33% and Turkey with 60.17% > Saudi 59.67%. DPPH radical scavenging activity of sesame extracts may primarily be related to their hydrogen donation ability. The values obtained for DPPH radical scavenging capacity corresponded well with those of the total antioxidant activity and total phenolics. Thus, sesame extracts may also possess a strong antimutagenic activity which is attributed to the ability of the molecules involved to scavenge free radicals [23].

The results of the DPPH free radical scavenging suggest that the different extracts from the different cultivars and area are capable of scavenging free radicals via electron- or hydrogen-donating mechanisms, the higher antioxidant activity was found in the American cultivars, and low activity was found in Saudi cultivar but the sesame seeds still have a great antioxidant activity compared to other seeds and thus should be able to prevent the initiation of deleterious free radical mediated chain reactions in susceptible matrices. This result showed the capability of the extracts to scavenge different free radicals in different systems, indicating that they may be useful therapeutic agents for treating radical-related pathological damage.

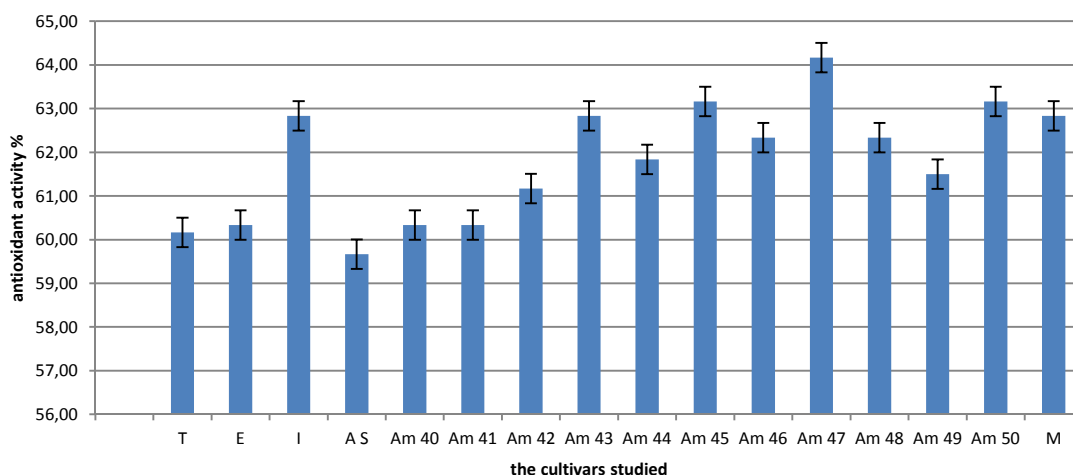


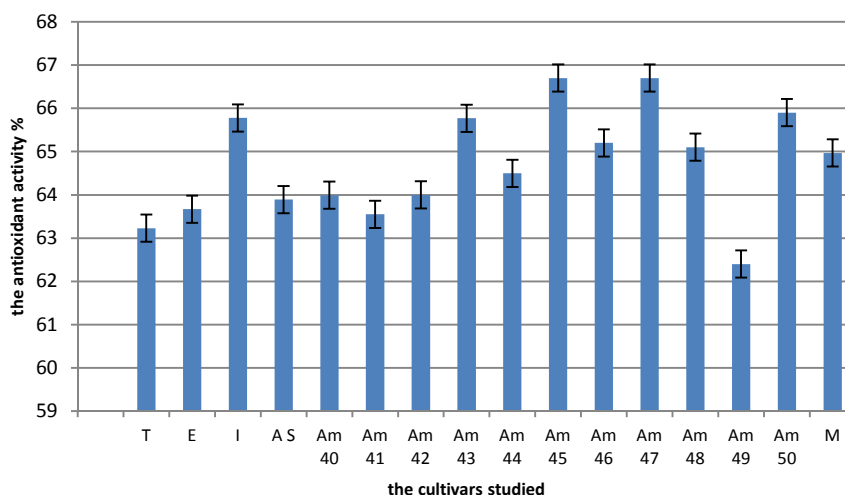
Fig. 1. Antioxidant activity by DPPH method of the different cultivars

### 3.2 ABTS RADICAL SCAVENGING ACTIVITY

Although the DPPH free radical is ubiquitously used to estimate the potential free radical scavenging activity of natural products, the ABTS free radical is commonly used when issues of solubility or interference arise and the use of DPPH based assays becomes inappropriate. Having considered the solubility of the test sample and the advantages and disadvantages of the use of the DPPH free radical, it was considered necessary to further assess the extracts against the ABTS free radical. Proton radical scavenging is an important attribute of antioxidants. ABTS, a protonated radical, has characteristic absorbance maxima 734nm which decrease with the scavenging of the proton radicals.

In our study, most of the tested cultivars of sesame extracts exhibited antioxidant activity and showed comparable or higher activity to the synthetic antioxidants BHA, BHT [22].

With the values 57 and 48% respectively, the scavenging of the ABTS radical by the extract was found to be higher than the DPPH radical. The total antioxidant activity of the samples tested was in the decreasing order of American 47 and 45 with the value 66.7% > American 50,48, India,46 and 43 with 65.9%, 65.7%, 65.72%, 65.2%, 65.1% > Morocco,44 and 42 with the values 64.9%, 64.5%, 64% > American 40, Saudi, Egypt, American 41 and Turkey with the value 63.9%, 63.8%, 63.6%, 63.5%, 63.2% and finally American 49 with the value 62.4% (Fig2). Factors like stereo selectivity of the radicals or the solubility of the extract in different testing systems have been reported to affect the capacity of extracts to react different radicals. With those results, sesame seeds of different cultivars can be considered as a potent radical scavenger and a good natural source for functional food and nutraceuticals.



**Fig. 2 . Antioxidant activity by ABTS method of the differents cultivars**

### 3.3 TOTAL PHENOL, FLAVONOIDS AND FLAVONOLS CONTENTS

TPC were determined by using Folin-Ciocalteu reagent Folin-Ciocalteu reagent react nonspecifically with phenolic compounds as it can be reduced by a number of nonphenolic compounds e.g., vitamin C, Cu (II), etc. Although exact reaction of the reagent with reducing species is not known, but it is considered that a complex is formed between phospho-molybdic tungstate and reducing species, phenolate ion, changing color from yellow to blue where absorbance is measured [24].

The phenolic compounds are considered a natural antioxidant; they have potential sources of natural antioxidant have been searched in many plant sources such as vegetables, fruits, leaves, oilseeds, cereal crops, barks, and roots, spices and herbs, and crude plant drugs [25]. Besides role of natural antioxidants as preventative components towards diseases, they also prevent oxidative deterioration of vegetable oils and fats during processing, distribution, and storage [26].

The total phenolic compound was determined by the Folin-Ciocalteu phenol method, this method measures the reduction of the reagent by phenolic compounds with the formation of a blue complex that can be measured at 760 nm. Also the flavonoids possess a broad spectrum of chemical and biological activities including radical scavenging properties. Such properties are especially distinct for flavonols which present the most ubiquitous flavonoids in foods, and the main representatives are quercetin and kaempferol. They are generally present at relatively low concentrations. These compounds are present in glycosylated forms, often associated with glucose and rhamnose sugar, but other sugar type may also be involved, the flavonols contents biosynthesis is stimulated by light. The values of phenolics content and flavonoids were ranging between  $3.75\text{mg/g} \pm 0.05$ ,  $0.127 \pm 0.08$  mg/g for the Saudi cultivar and  $3.97\text{mg/g} \pm 0.03$ ,  $0.147 \pm 0.05$  mg/g respectively for the American 47 cultivar (Fig 2, Fig 3), still all the cultivars have higher concentrations on phenolic compound, which could have a role in the prevention of degenerative diseases such as cancer and cardiovascular diseases. The results in this study proved that the difference of the nature and contents of the various polyphenols, flavonoids may be due to the influence of agricultural practices and industrial processes. The results suggest also that phenolics compounds are important for this plant and others, the values obtained corresponded well with the antioxidant activity.

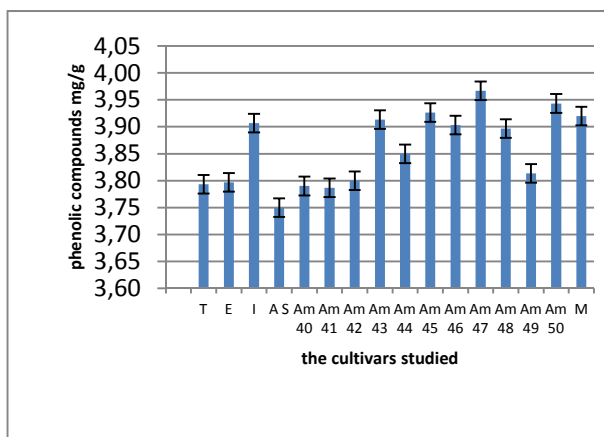


Fig.3. phenolic compounds (mg gallic acid/g dry matter) of the different cultivars.

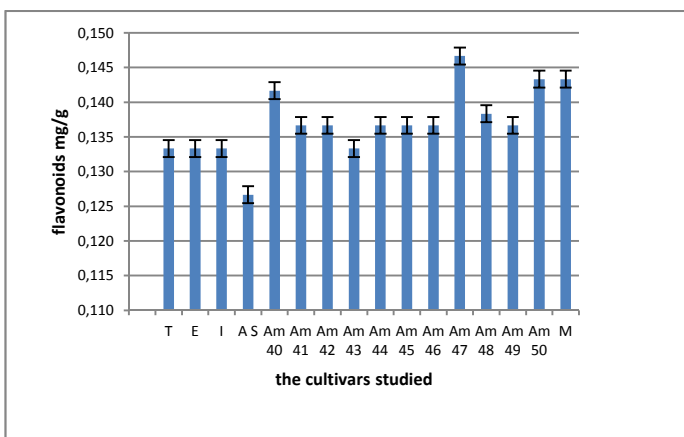


Fig.4. Flavonoids compounds (mg quercetin/g dry matter) of the different cultivars

As for the flavonols, the values of the compound were ranging between 0.412 mg quercetin acid/g dry matter for the American 50, Morocco cultivars and 0.4 mg/g for the egyptian cultivar (Fig 4). Growing and processing may influence the concentrations of flavononols in foods, which are produced in direct response to environmental conditions such as carbon dioxide levels and ultraviolet light. This means there are differences in flavonoid concentrations in similar foods depending on the region and time of year in which they are grown. In this study, great correlations existed between total phenolic contents and antioxidant activity for each cultivars in all the extracts studied with  $p < 0.05$ , the coefficient of correlation was 0.8983, which is may be related to the chemistry behind these methods based on the same redox properties, even with the difference of environment and agricultural techniques in the differents areas.

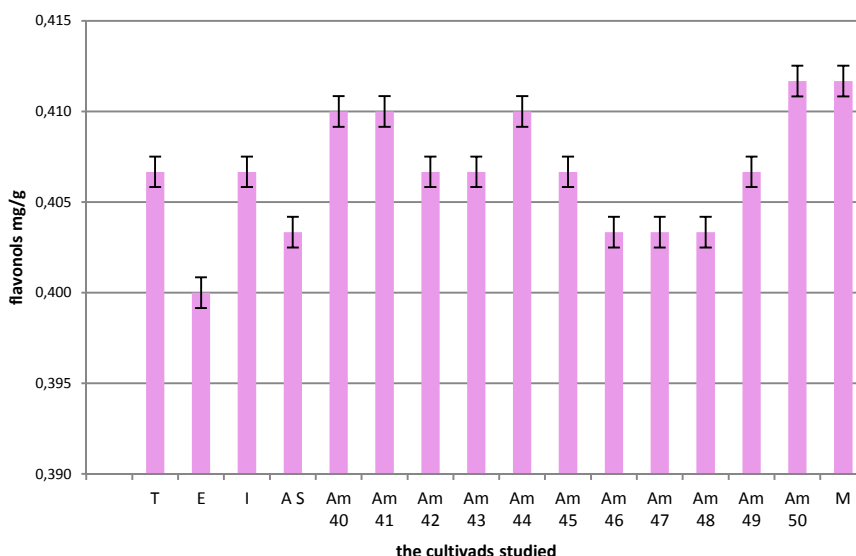


Fig .5. flavonols compounds (mg quercetin per / g dry matter) of the different cultivars

#### 4 CONCLUSION

This study researched the contents of bioactive compounds and the antioxidants activities of 16 cultivars from different areas in the world. A large variability in these contents was observed among the cultivars which allow us to create a differentiation between the species, still, in all the extracts, we could say that sesame extracts has stabilization efficiency comparable to other seeds and also the synthetic antioxidant, the phenolic compounds appear to be responsible for the

antioxidant activity of sesame seeds, those seeds could be part of the nutritional for human. The seeds of sesame could be considered as an excellent source of natural bioactive and may be used as a functional ingredient.

## REFERENCES

- [1] Y. S. Shyu, L. S. Hwang, "Antioxidative activity of the crude extract of lignin glycosides unroasted Burma black sesame meal", *Food Research International*, 35, pp.357-365, 2002.
- [2] M. Namiki, "the chemistry and physiological functions of sesame", *Food Research International*, 11, pp.281-329, 1995.
- [3] FAOSTAT, "Sesame seed. In: Food and Agriculture Organization of the United Nation", *FAO Statistics Division*, 2011.
- [4] B. A. Were, A. O. Onkware, S. Gudu, M. Welander, and A. S. Carlsson, "Seed Oil Content and Fatty Acid Composition in East African Sesame (*Sesamum indicum* L.) Accessions Evaluated over 3 Years", *Field Crops Res*, 97, pp. 254-260, 2006.
- [5] H. A. Abou-Gharbia, F. Shahidi, A. Y. Shehata, and M. M. Youssef, "Effects of Processing on Oxidative Stability of Sesame Oil Extracted from Intact and Dehulled Seeds", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74, pp.215-221, 1997.
- [6] L. W. Chang, W. J. Yen, S. C. Huang, and P. D. Duh, "Antioxidant Activity of Sesame Coat", *Food Chem.*, 78, pp.347-354, 2002.
- [7] A. Rajaei, M. Barzegar, and M. A. Sahari, "Comparison of Antioxidative Effect of Tea and Sesame Seed Oils Extracted by Different Methods", *J. Agric. Sci. Technol.*, 10, pp. 345-350, 2008.
- [8] F. Shahidi, R. Amarowicz, H. A. Abou-Gharbia, and A. Y. Shehata, "Endogenous Antioxidants and Stability of Sesame Oil as Affected by Processing and Storage", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74, pp.147-148, 1997.
- [9] Anonymous, "Republique Tunisienne Ministre du Developpement Economique ISSN 0330-163X", *Statistiques du Commerce Extérieur*, N 21-32, 1990-2005.
- [10] E. Onsaard, P. Pomsamud and P. Audtum, "Functional properties of sesame protein concentrates from sesame meal", *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(4), pp. 420-431, 2010.
- [11] M. Elleuch, S. Besbes, O. Roiseux, C. Blecker, and H. Attia, "Quality Characteristics of Sesame Seeds and By products", *Food Chem.*, 103, pp. 641-650, 2007.
- [12] J. Lee, Y. Lee, and E. Choe, "Effects of Sesamol, Sesamin, and Sesamolin Extracted from Roasted Sesame Oil on the Thermal Oxidation of Methyl Linoleate", *LWT Food Sci. Technol.*, 41, pp.1871-1875, 2008.
- [13] H.M.A. Mohamed, I.I. Awatif, "the use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant", *Food chemistry*, 62, pp.269-276, 2008
- [14] D.E. Smith and J.W. Salerno, "Selective growth inhibition of a human malignant melanoma cell line by sesame oil in vitro", *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*, 46, pp.145-150, 2001.
- [15] A.H. Ensminger, M.K. Ensminger, "Food For Health: A Nutrition Encyclopaedia Clovis", California: Pegus Press, 1986.
- [16] H.S. Vishwanath, K.R. Anilakumar, S.N. Harsha, Farhath Khanum., A.S. Bawa, "In vitro antioxidant activity of sesamum indicum seeds", *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, pp. 0974-2441, 2011.
- [17] T. Sun, C. Ho, "Antioxidant activities of buckwheat extracts", *Food Chem*, pp.743-749, 2005.
- [18] Re. R. Pellegrini, N. Proteggente, A. Pannala, A. Yang, M. Rice-Evans, "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay", *Free Radic Biol Med*, 26, pp. 1231-1237, 1999.
- [19] M.S. Taga, E.E. Miller, DE. Pratt, Chia. "Seeds as a source of natural lipid antioxidants", *J. Am. Oil Chem, Soc*, pp.928-931, 1984.
- [20] J.D. Ordon, M.A. Gomez, M.I. Vattuone, "Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq) Swartz extracts", *Food Chem*, pp.452-458, 2006.
- [21] A. Kumaran, K.R. Joel, "In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India", *LWT Food Sci. Technol*, pp.344-352, 2007.
- [22] H. Rizki, F. Kzaiber, M. Elharfi, H. Latrache, H. Zahir, H. Hanine, "Physicochemical Characterization and in Vitro Antioxidant Capacity of 35 Cultivars of Sesame (*Sesamum indicum*.L) from Different Areas in Morocco", *International Journal of Science and Research*, pp.2306-2311, 2014.
- [23] P. Hochstein, A. S. Atallah, "The nature of oxidants and antioxidant systems in the inhibition of mutation and cancer", *Mutation Research*, 202, pp.363-375, 1998.
- [24] D. Ou. B. Haung, R. L. Prior, "The chemistry behind antioxidant capacity assays", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, pp.1841-1856, 2005.
- [25] T. M. Rababah, N. S. Hettiarachy, R. Horax, "Total phenolics and antioxidant activities of feurgreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu kola, and ginkgo extracts, vitamin E, and terbutylhydroquinone", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, pp.5183-5186, 2004.
- [26] E. Vagi, E. Rapavi, M. Hadolin, K. V. Peredi, A. Balazs, A. Blazovics, "Phenolic and triterpenoid antioxidants from *Origanum majorana* L. herb and extracts obtained with different solvents", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, pp.17-21, 2005.

## A Portuguese Draughtsman: Francisco de Holanda's Drawing Theory and the case of *De Aetatibus Mundi Imagines*

*Shakil Y. Rahim and Ana Leonor Madeira Rodrigues*

CIAUD,  
Faculty of Architecture, University of Lisbon,  
Rua Sá Nogueira, Pólo Universitário, Alto da Ajuda, 1349-055 Lisbon, Portugal

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 article studies the drawing theory of Francisco de Holanda through the sketchbook *De Aetatibus Mundi Imagines* (1543-1573). This graphic work reveals the author's artistic life through the parts that compose it. The visual production of Holanda is marked by two poles, chronologically demarcated: i) first stage – Humanist Thought (youth, journey to Italy, treatises *Da Pintura Antigua*, *Diálogos em Roma* and *Do Tirar Polo Natural*) and ii) second stage – Trent Thought (distancing from the court, doctrine of faith, spirituality, treatises *Da Fabrica que Falece na Cidade de Lisboa* and *Da Sciencia do Desenho*). The album *De Aetatibus Mundi Imagines* permeates these two phases, given the interregnum of its production, and show the matrix of thought of Holanda, between classicism and reforms. This period of 20 years alternated between importance of observational drawing in Renaissance humanism and the post-Council of Trent, where the drawing was under suspicion. The studied work materializes through the direction of that conflict.

**KEYWORDS:** Drawing, Visual Thinking, Humanism, Francisco de Holanda, Portugal.

### 1 INTRODUCTION

Francisco de Holanda (Lisbon, 1517-1584) is one of the most influential draughtsman in the history of drawing in Portugal. He graduated as illuminator under his father's tutelage, António de Holanda, who was an artist of Flemish origin. Holanda lived his youth in Évora, which at the time housed the Portuguese court and was an important center of cultural, artistic and humanistic production [1]. In the court and Italianate context of the time it was common teaching with Italian artists. This humanistic phase of Portuguese history shows the interest of the court by the new artistic practices in Italy, as the center of creation and diffusion of cultural excellence.

Under the reign of King John III (1502-1557), Holanda departs at 20 years old in 1537, with the delegation of D. Pedro Mascarenhas to Italy, with the purpose of studying Italian art, the fortresses and other civilian and military buildings. In 18 months of travel, he made a series of drawings of art works, places and customs, compiled in the *Álbum dos Desenhos das Antigualhas* [2], dedicated to King John III. This trip provided Holanda the ability to improve the knowledge, studying new models alongside the established works. From his travel annotations, he produced much of his treatises, with special emphasis on the initial treatises *Da Pintura Antiga* [3] and *Diálogos em Roma* [4]. Decisive texts to understand the theory of art structured by Holanda and the defense of the new European-oriented ideas about the virtues of drawing.

The stay in Rome (1538-1540) was important for its cultural circle, and particularly for his friendship with Michelangelo (1475-1564). In *Diálogos em Roma*, Holanda describes conversations with the Florentine artist and approaches of their thoughts of Neo-Platonic inspiration. Although the text is considered controversial because it was written two years after the visit to Rome, and so with all the inaccuracies that may arise therefrom, it is considered a valid and coherent source [5]. Michelangelo wrote no formal drawing theory, hence the Holanda text presents itself as an original contribution.

## 2 VISUAL THINKING AND FRANCISCO DE HOLANDA'S DRAWING THEORY

### 2.1 THE AUTONOMY OF DRAWING

For Holanda, the drawing is the foundation of all arts, and the ability to draw is the gateway to any artistic form. This conception about the universality of drawing approaches Holanda of Leonardo (1452-1519) and the drawing theories of European classicism, based on intellectual promotion of the artist and the knowledge [6]. At this time, the treatises are a reflection of urgency of a theoretical body to understand the importance and autonomy of art compared to other areas of knowledge (eg, *Da Pictura* by Alberti). The Holanda treaties appear in this order, and are important for the quality of Holanda's ideas about the drawing, the act of drawing and the draughtsman. *Da Pintura Antigua* (1548) was the first Portuguese work to study systematically a reflection on the art. It presents a theory of the painter and painting combining the aesthetic and philosophical directions [7].

For Holanda, the origin of the painting is metaphysics of creation of the world as an artistic creation, because it has divine origins. God is an example of the creative human power, in that the world is painted altarpiece by a God-painter. Holanda places God at the center of his work and his aesthetic theory, as a model of perfection and as prime painter. The drawing is the unifying science of the arts, and in the artist the ability to draw is an innate and divine gift. The draughtsman is given the ability to imitate the divine act of creation. He thus allies the aesthetics with metaphysics [5], [7]. These novelties in visual representation are a major contribution to the history of drawing in Portugal, because they reflect the new European conceptions of disciplinary autonomy in drawing.

### 2.2 THE NEO-PLATONISM AND THE NEW USES OF NATURAL DRAWING

To Deswarte-Rosa [8] it is often that Holanda matches the purpose of the painting to drawing, using them interchangeably. The relationship between Light and Shadow is structuring in the visual thinking of Holanda, because the action of God is to define the light on the dark. The divine work is enlivening because of its sublime character, while the man painting is inanimate, being an imitation of the demiurge gesture of God [9].

Thus, influenced by Ficino's ideas (1433-1499), his Neo-Platonic vision is revealed as legitimation of the draughtsman's virtues. The Neo-Platonism as an ideological position that crosses theological thought, turns Holanda away from the purely artistic spirit of Alberti (1404-1472) and other first-generation humanists, but approaches him to the *Oratio de Hominis Dignitate* of Pico della Mirandola (1463-1494) [10]. In artistic methodology he gives priority to the Idea, as an interior look, focused on the absolute. The Idea is a state of perfection that the visual representation attempts to approach, but not quite translates completely. This ideal is the possibility to approach God.

The *Idea* distances itself from the inevitability of physical form of art, bearer of a sublime that the drawing attempts to translate [11]. Hence the importance of drawing that tries to rescue from the Idea the figure contour line. It is also because of this that Holanda considers drawing a difficult action, thus marking the superiority of drawing over the other arts. Although God has always been at the center of its theoretical and aesthetic concerns, founded in the Neo-Platonism [12], Holanda gives new uses to the drawing:

- i) values the democratic access to religious sources;
- ii) attaches importance to the fidelity of the visible representation;
- iii) approaches the accuracy of the trace and artistic quality of Dürer (1471-1528);
- iv) produces unorthodox and hermetic images beyond iconography.

Fond of antiquity, the Vitruvian thought is strongly present in Holanda by the importance of the proportion, symmetry, canon and the study of the human figure in the training of a draughtsman [13]. Aspect that is obvious in his treaty *Do Tirar Polo Natural* (1549) [14], where he studied the portrait drawing from observation of a model. The talent of drawing that human possesses is assigned by God, making the draughtsman privileged, passing from craftsman to artist-prophet. This new paradigm over the drawing was an original contribution at the time, since merged knowledge on the importance of the man with the metaphysical cosmological divine inspiration of Neo-Platonism.

### **3 DE AETATIBUS MUNDI IMAGINES**

#### **3.1 THE STRUCTURE OF ALBUM AND THE CHRONICLE OF THE WORLD**

The work that directly illustrates the theories of Holland is the album *De Aetatibus Mundi Imagines* (1543-1573) [15]. The album is a collection of illustrative images of a Chronicle of the World, according to the Scriptures. Also called *O Livro das Idades*, its character is mystical and illustrative, representing the power of narrative and iconographic drawing. Francisco Cordeiro Blanco discovered it in 1953. It lies in the section of Fine Arts (XVI century - *Album Dibujos*), in the Library of El Escorial in Madrid. It belongs to this collection, at least since the eighteenth century, and in what context or date have arrived in Spain is unknown.

The album is a total of 155 pages of drawings, even if the catalogue of the library refers to 152. The dimensions of the paper are on average and approximately 427 x 282 mm (binding carmine velvet). The images are drawn by feather, brush and black pencil, on parchment. Of the whole set, 17 pages are painted in watercolor. Many drawings have watery sepia. Only one has watery purple. Some have notes in gold [16]. In addition to the drawings, the album also features blank pages, pages with only titles or texts such as dedication and drawings subtitles.

The album is divided by different contents, with two important blocks, carried out in distinct phases, which add a few drawings:

- i) 130 main theme drawings – *Images of World Ages*;
- ii) 21 drawings with the theme – *Images of Apocalypse*;
- iii) 2 extra drawings: *The Angel of Apocalypse and Aphrodite and Eros*;
- iv) 1 drawing on the cover with the title of the work + 1 drawing with self-portrait in the conclusion.

Holanda recreates the chronicle according to the writings of the fourth century, about the history of early Christianity of Eusébio de Cesareia (ca. 265-339). Based on the Nuremberg Chronicle (1493) of Hartmann Schedel (1440-1514), where Dürer worked as an apprentice in illustrations, Holanda divides the Chronicle of the World in 6 ages [16]:

- i) First Age (22 drawings) - The Creation of the World to the Flood of Noah;
- ii) Second Age (5 drawings) - From the Flood to Abraham;
- iii) Senior Citizens (21 drawings) - From Abraham to David;
- iv) Fourth Age (6 drawings) - From David to Babylon;
- v) Fifth Age (11 drawings) - From Babylon to the birth of Christ;
- vi) Sixth Age (65 drawings) - Since Birth of Christ the End of the World.

#### **3.2 THE NARRATIVE REFERENCES AND THE TECHNICAL ASPECTS OF GRAPHIC ACCURACY**

The drawings represent figures such as Adam, Eve, Jesus, Mary and many others, including Angels and God. The drawings narrate various biblical episodes such as *The Flood, Sodom and Gomorrah, The Last Judgment* or *The Last Supper*. The use of geometric elements in the first drawings of the album is not abstract or anti-figure [17]. They are icons that approach the sublime nature of God. The drawings show graphic accuracy in the study of:

- i) anatomy, pose and movement of the figures;
- ii) the marking of drapery;
- iii) the expression of feelings (drama, tension, virtuosity);
- iv) the use of perspective;
- v) mastery of light and shadow in the volume;
- vi) the symbolism of the scene in the relationship of scale and proportion;
- vii) the creativity of shapes, figures and colors.

It should be noted, even the inclusion of medallions in the footer images, which act as a accessory to the main drawing and a descriptive supplement. A total of 247 medallions, which are noteworthy for the quality of the drawing and the blending of pagan indications, including motifs of Greco-Roman mythology (Sibyl, Hermes, Minotaur, etc.), that intersects with biblical characters. To Espeso [18], it is an audacity of the author's look, showing his innovative and imaginative character, in addition to consenting visual models.

### 3.3 DRAWING UNDER SUSPICION

After a break of 20 years, Holland resumes the album in Lisbon (1573) [16]. At this time, he creates all of the apocalypse drawings. The 21 assembly drawings entitled *Incipiunt Imagines Apocalypsis* each represent one of the visions of the apocalypse. There are common features among this group of drawings. In them there are no medallions, no subtitles and none of them are colorful, presented only in watery sepia. This set of drawings was not initially part of the structure of the album *Livro das Idades*. The diptych drawings of *The Angel of Apocalypse and Aphrodite and Eros* evoke the end of the world and are considered extra because they do not appear to have direct link with the project of the album and present a new visual behavior. Finalizing the book was intended to be offer to Philip II (1527-1598), who arrived in Portugal as new King in 1581. But access to Spain never materializes.

The second half of the sixteenth century is marked by Mannerism, which changed its center of gravity to the religious concerns, recovering the importance of God in artistic production. The change that occurred from the Renaissance to Mannerism focuses on the transfer of personal autonomy, aesthetic and artistic classicism to the religious, ethical and hierarchical domain of the church. With the Counter-Reformation and the decisions of the Council of Trent (1545-1563), we witness a return to feudal values, with strong opposition between the Fair and the Truth [19].

The consequences of the Council of Trent destroy the cultural achievements of the Renaissance, and put art as a political and ideological weapon, with themes of apologia and techniques that value the emotion and increases devotion as opposed to reason [20]. The interest is no longer in the physical work itself. The significance of the work, its symbols and meanings are valued, rather than the formal beauty. The models, the idea of similarity or visual pleasure are seen as a delusion for the senses. The artist's illusionistic skill with the use of perspective, the main visual product of the Renaissance, is seen as undermining the truth of message [21]. In the Renaissance, the use of the natural observation drawing was an important practice. The drawing and capacity of representation become suspects, and the artists are called to draw evoking the memory and imagination from an inner universe, iconic and symbolic. The Trent image policy was based on the subjectivity of the representation of feelings, vices and virtues.

## 4 CONCLUSION

Two poles, chronologically demarcated, mark the artistic and theoretical production of Francisco de Holanda:

i) First stage - *Humanist Thought*

(youth, journey to Italy, treaties *Da Pintura Antigua*, *Diálogos em Roma*, *Do Tirar Polo Natural*);

ii) Second stage - *Trent Thought*

(distancing from the court, doctrine of faith, spirituality, treaties *Da Fabrica que Falece na Cidade de Lisboa* and *Da Sciencia do Desenho*).

The album *De Aetatibus Mundi Imagines* permeates these two phases, given the interregnum of its production, and shows the matrix of thought of Holanda, between classicism and reforms. This interval between 1545 and 1573 holds many changes in the Portuguese social, political and cultural climate, as reflected in his work. The Inquisition persecuted intellectuals and saw suspiciously the mimesis in visual representation. In its final stage, Holanda writes *Da Sciencia do Desenho* (1571) [22] dedicated to D. Sebastian (1554-1578). It is a phase of sharp decline for Holanda, with many lamentations, and strong Catholic ideology. The last text recovers the basis and the foundations of *Da Pintura Antigua* in an attempt to remind the nobility, function and virtue of drawing as an autonomous and fundamental activity for the visual knowledge. The central idea of Holland, of the artist as a carrier of a privileged gift of divine grace is repudiated by the new inquisitorial censorship. Fact that Francisco de Holanda tries to safeguard, directing his works (written and graphic) to the defense of the Catholic ideology [23], as happened with the drawings of the second phase of the album.

The *De Aetatibus Mundi Imagines* album is a synthesis of the course of Holanda by the merger he creates between the Catholic matrix, the spiritual and mystical of his aesthetic theory, and the graphics resources of his drawings that attempt to capture a modern classicist image of the new times, as the drawings of Dürer and other humanists. In the end of the album *De Aetatibus Mundi Imagines*, his self-portrait with the three virtues (faith, hope and charity) with a dog biting the album he drew, is a self-aware picture of a misunderstood and destructive genius.

## REFERENCES

- [1] J. Segurado, *Francisco D'Ollanda*, Lisbon: Edições Excelsior, 1970.
- [2] F. Holanda, *Álbum dos Desenhos das Antigualhas*, Lisbon: Livros Horizonte, 1989.
- [3] F. Holanda, *Da Pintura Antiga*, Lisbon: Livros Horizonte, 1984.
- [4] F. Holanda, *Diálogos em Roma*, Lisbon: Livros Horizonte, 1985.
- [5] J. F. Alves, "Elementos sobre Da Pintura e Diálogos em Roma, de Francisco de Holanda (excerto)", *História e Antologia da Literatura Portuguesa Século XVI*, Fundação Calouste Gulbenkian, no. 24, pp. 17-19, 2002.
- [6] A. Blunt, *Artistic Theory in Italy- 1450-1600*, Oxford: Oxford University Press, 1963.
- [7] J. S. Vilela, *Francisco de Holanda: Vida, Pensamento e Obra*, Lisbon: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministério da Educação e das Universidades, 1982.
- [8] Deswarte-Rosa, S., *Francisco de Holanda, teórico entre o Renascimento e o Maneirismo*, In: AAVV, *História da Arte em Portugal*, Lisbon: Publicações Alfa, vol. VII, pp. 12-29, 1993.
- [9] M. L. S. Ganho, *O essencial sobre Francisco de Holanda*, Lisbon: INCM, 2006.
- [10] P. Mirandola, *Oration on the Dignity of Man: A New Translation and Commentary*, Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [11] J. F. Pereira, "O Desenho Português e o Classicismo: Pensar e Fazer", *Arte Teoria*, FBAUL, no. 3, pp. 48-60, 2002.
- [12] N. Robb, *Neo-Platonism of the Italian Renaissance*, Austrália: Allen & Unwin, 1969.
- [13] S. Deswarte-Rosa, *Ideias e imagens em Portugal na Época dos Descobrimentos: Francisco de Holanda e a Teoria da Arte*, Lisbon: Difel, 1992.
- [14] F. Holanda, *Do Tirar Polo Natural*, Lisbon: Livros Horizonte, 1984.
- [15] F. Holanda, *Francisco D'Ollanda, De Aetatibus Mundi Imagines, Livro das Idades*, Lisbon: INCM, 1983.
- [16] J. F. Alves, *Introdução ao estudo da obra de Francisco De Holanda*, Lisbon: Livros Horizonte, 1986.
- [17] E. Côrte-Real, *O Triunfo da Virtude, As Origens do Desenho Arquitectónico*, Lisbon: Livros Horizonte, 2001.
- [18] F. P. Espeso, "Antigüedades judías y piedad cristiana: Francisco de Holanda, de los 'Desenhos' de El Escorial a las 'Aetatibus Mundi Imagines'", *Reales Sitios*, ano XL, no. 156, pp. 2-15, 2003.
- [19] B. Thompson, *Humanists and Reformers: A History of the Renaissance and Reformation*, USA: Wm B. Eerdmans Publishing Company, 1996.
- [20] L. G. Cheney and J. Hendrix, *Neoplatonic Aesthetics*, New York: Peter Lang Publishing, 2004.
- [21] E. Panofsky, *Perspective as Symbolic Form*, New York: Zone Books, 1991.
- [22] F. Holanda, *Da Ciência do Desenho*, Lisbon: Livros Horizonte, 1985.
- [23] Serrão, A. V., *Metafísica da ideia e poética da criação em Francisco de Holanda*, In: P. Calafate (Ed.), *História do Pensamento Filosófico Português: Volume II Renascimento e Contra-Reforma*, Lisbon: Caminho, 2007.

## RF CMOS LNA Using Feed-forward Noise and Distortion Cancellation Topology

*Chinmay P. Deshpande and Savita R. Pawar*

Department of Electronics,  
MITAOE,  
Pune, Maharashtra, India

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:** An elegant CMOS LNA design using feed-forward noise and distortion cancellation technique is presented in this paper. The design is implemented in 130nm CMOS technology. In comparison to other conventional technique the proposed LNA shows improvement in performance parameter such as NF, gain, stability and power dissipation. . In this paper a CMOS inverter along with resistive negative feedback is used to provide necessary biasing and impedance matching at input port. The LNA design is inductorless and hence the size is small. Using this technique LNA shows a gain of 34-22 dB with a noise figure of 1.6-1.9dB for operating bandwidth of 600 MHz – 3GHz. The proposed LNA drains 13mA current from 1.2V power supply.

**KEYWORDS:** LNA, noise cancelling, low power, high gain, inductorless.

### 1 INTRODUCTION

With the expansion of wireless communication markets mobile handsets need to support as many as features available. Thus there is need of research work in the field of SDR, cognitive radio, WiMAX applications [1]-[4]. One of the major challenges in this sector is the noise and distortion which is the root cause of failure of the system. RF front end is the key important factor that satisfies all specifications requirement of communication channel [1]. RF front end has range of operating frequencies from 50MHz to several GHz [2]. Wideband LNA is commonly used for such high bandwidth operations. At higher frequencies Wideband LNA's suffer from intrinsic noise, mainly thermal noise. Thus various techniques have been developed to minimize the noise and improve LNA performance.

In this paper a feed-forward noise and distortion cancellation technique is proposed to improve the performance of wideband LNA by reducing noise and other unwanted signals. The critical performance parameters such gain, noise figure, third order intercept point (IIP3) and power dissipation improves drastically. Input Impedance matching is achieved by using negative resistive feedback along with feed-forward topology. It also improves stability of the system.

The proposed negative feedback and feed-forward noise-canceling operation principle is presented in Section II. Section III contains block diagram of the proposed design and brief explanation on its functionality. Section IV presents the RF CMOS LNA design schematics implemented in Agilent's ADS 2009 software. Results are shown in section V and finally, a conclusion is summarized in Section VI.

### 2 WIDEBAND LNA

In recent years various several techniques such as noise cancellation, capacitive feedback network [5], and other topologies are used to break the trade-off between noise figure F and wideband input impedance matching. Also for designing LNA certain optimization techniques for improving design performance and characteristics are mentioned in [6]. Noise figure F is one of the major characteristic for wideband amplifiers. F determines the sensitivity of the system. Lower the

value of F higher will be its sensitivity. However, the input impedance matching for wideband LNA is not good enough as compared to narrow band LNA.

For wideband LNA shunt-shunt feedback can be used for input impedance matching and NF. Negative feedback decreases input impedance matching for common source amplifiers while positive feedback increases the impedance matching for common gate amplifiers. In noise cancelling technique, the key idea is to use an auxiliary amplifier for sensing the signal and noise voltages. By combining the outputs of an auxiliary amplifier and main amplifier to cancel the noise from the input device, adding to the signal strength from both amplifiers to output node.

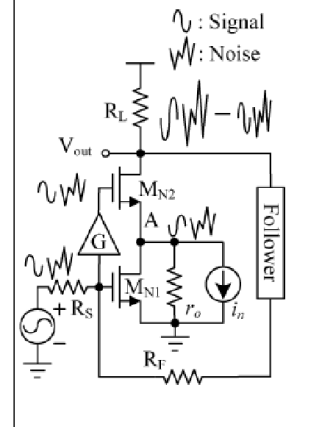
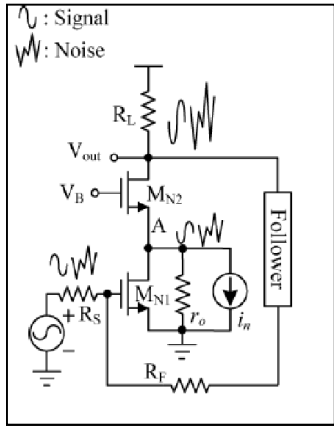


Fig. 1. Conventional resistive negative feedback. Fig. 2. Resistive feedback with noise cancellation technique

The above figures show a conventional feedback network in fig 1, while fig 2 shows feedback network with noise cancelling technique. In fig 1  $M_{N1}$  is trans-conductance transistor and  $M_{N2}$  is a cascode transistor.  $M_{N2}$  is used to increase the output impedance and improves isolation between input and output ports. The current source  $i_n$  models the transistor  $M_{N1}$ .  $M_{N1}$  is the main source of thermal noise in the circuit.

$M_{N1}$ ,  $M_{N2}$ ,  $R_L$  and follower circuit forms a common source inverse amplifier with high input impedance and low output impedance.  $R_L$  is the resistive load connected at the output. The feedback resistor  $R_F$  is given by

$$R_F = R_S (1+A_V)$$

Where,

$R_S$  is the input source impedance,

$A_V$  is the gain of the amplifier circuit.

In RF CMOS the input source resistance  $R_S = 50 \Omega$ .

### 3 BLOCK DIAGRAM OF PROPOSED DESIGN

The block diagram consists of four main functional blocks namely matching n/w, stage I amplifier, noise cancelling model (adder circuit along with constant current) & stage II amplifier.

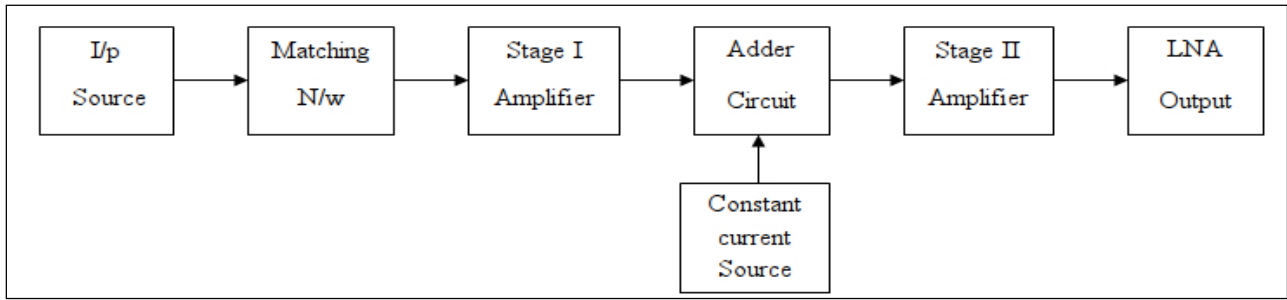


Fig. 3. Block Diagram of Proposed design

The proposed design implies CG topology. A CMOS inverter along with resistive feedback is implemented, which acts as self biased circuit. The resistive feedback provides necessary matching to input port. Therefore in this design conventional LC ladders are not used to provide impedance matching. In order to achieve high gain the design is implemented in II stages. Adder circuit is noise cancelling circuit which uses constant current source as high gain reference amplifier to cancel the noise from input signal. Thus by this approach a CMOS LNA can be designed which is suitable for various RF applications. The proposed design has operating bandwidth from 0.6GHz to 3GHz.

4 DESIGN SCHEMATICS

The fig 4 shows the schematic of proposed design implemented in Agilent’s ADS 2009 software. The design is implemented in 0.13um technology. In this design M1, M2 transistor forms a CMOS inverter with a negative feedback resistor. Using this method M2 transistor will adapt the voltage level of M1 transistor and is called as self biasing. Transistor M2 is main source of intrinsic noise in the circuit. The output of CMOS inverter is given as input to transistor M5. Transistor M3 and M4 also form a CMOS inverter. It is used as second stage amplifier mainly to achieve higher gain. Transistor M5 and M6 is the noise cancelling circuit. The constant current source generates a reference signal which is given as input to transistor M6. The noise cancelling circuit will add the output from transistor M5 and M6 and thus will suppress noise from the original signal.

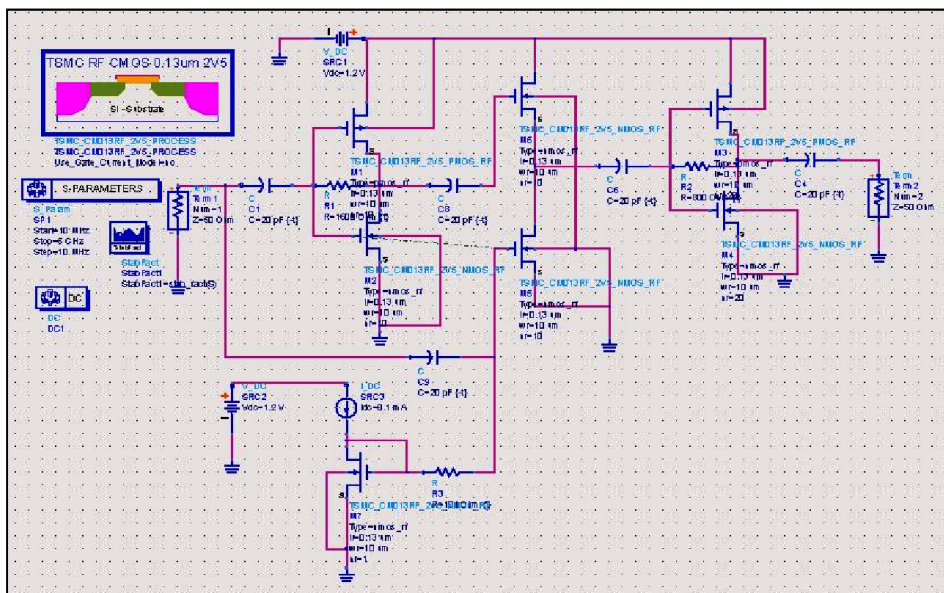


Fig. 4. Schematics of proposed LNA

5 RESULT AND DISCUSSION

In this section the results of the proposed designed are shown. This section discusses S- parameter results, i.e. S11, S12, S21, S22, Noise Figure and stability.

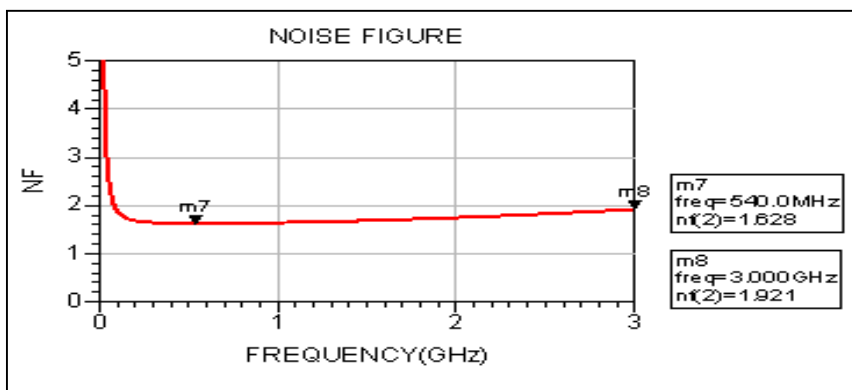


Fig. 5. Noise Figure over the operating frequency range

Fig 5 shows NF results. NF ranges from 1.6dB to 1.9dB for the overall operating bandwidth. Ideally, noise figure should be less than 3dB. The noise figure achieved is much less than 3dB. Also it can be seen that as the frequency increases NF also gets increased.

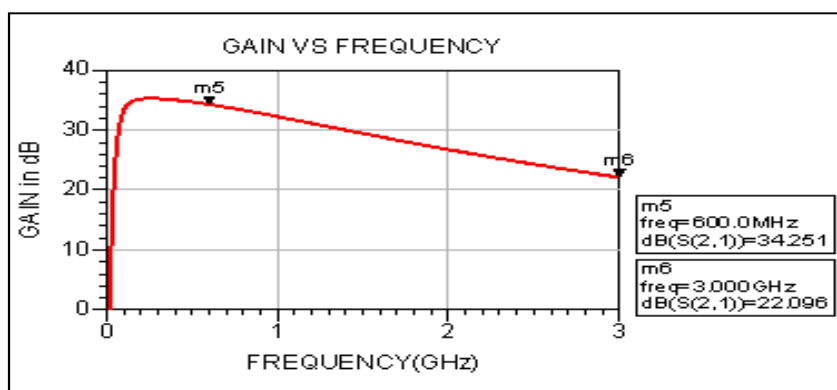


Fig. 6. Gain v/s frequency response

Fig 6 shows gain achieved by the proposed design. Gain of this system varies from 34dB at 600MHz to 22dB at 3GHz. For low noise amplifier gain should be as high but it degrades at higher frequencies. Therefore to achieve higher gain amplifiers are used in stages.

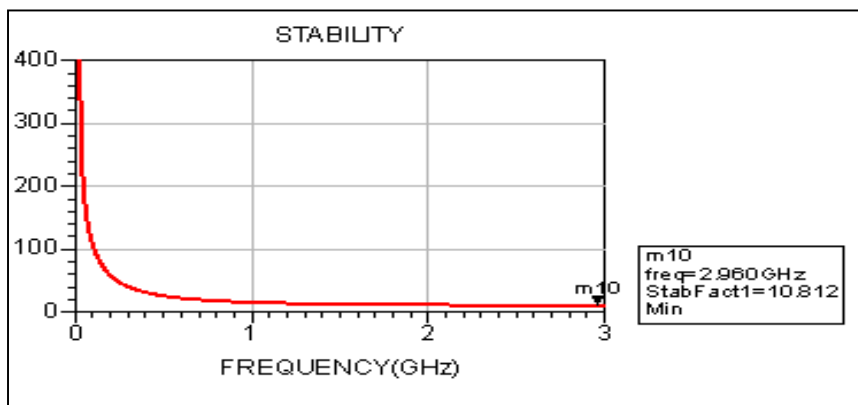


Fig. 7. Stability v/s frequency

Fig 7 shows stability of the system over the operating frequency range. For an LNA to be unconditionally stable, the stability factor has to be greater than 1, and  $\beta$  has to be greater than 0. The simulations show that the LNA is stable for its complete operating frequency range.

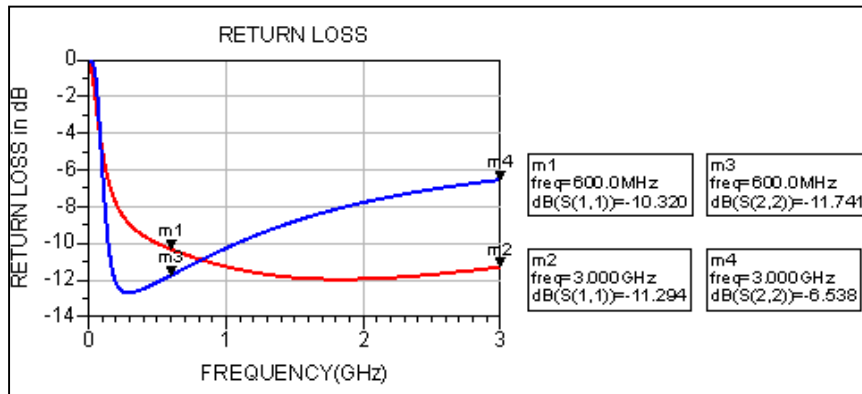


Fig. 8. Return losses S11, S22 results

Fig 8 shows return loss S11 and S22. S11 achieved is less than -10dB while S22 achieved is less than -6.5 dB. S11 and S22 are impedance matching parameters.

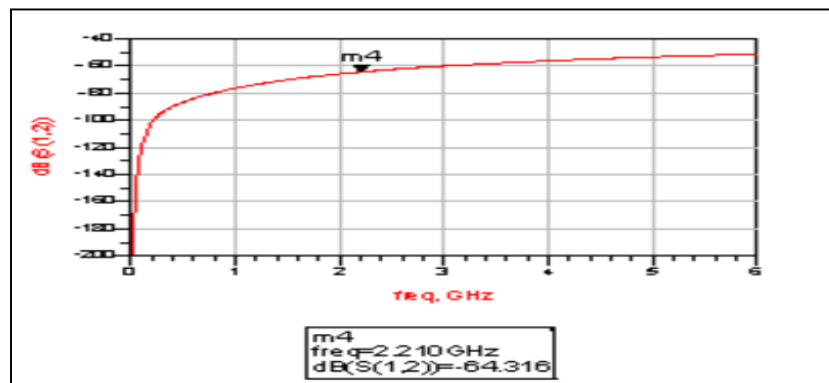


Fig. 9. Reverse isolation results

Fig 9 shows reverse isolation characteristic of LNA. An ideal LNA has infinite reverse isolation. However, reflected signals can pass through the amplifier in the reverse direction. Therefore, reverse isolation is important to quantify. The reverse isolation achieved is -64dB.

## 6 CONCLUSION

A wideband receiver RF CMOS LNA with feed-forward noise and distortion cancellation has been presented in this paper. Experimental results show that this technique improves the NF, gain and power dissipation of LNA, especially for LNA design in scaling down CMOS technology. The results achieved are simulated results, obtained on Agilent's ADS 2009. The core layout was designed using Micro-Wind and back-end has been completed. This work can be extended for designing Low Noise Amplifier (LNA) in different topology and the performance may be compared. Also layout of the proposed design can be fabricated and various test can be perform to verify the simulated results.

## ACKNOWLEDGEMENT

We would like to express our special gratitude to the staff of S.M. Wireless solutions Pvt. Ltd. for providing the useful resources, knowledge and for their endless guidance and their contributions to our understanding of conceptual RF amplifier design, upon which this project is based.

REFERENCES

- [1] Xiao Wang, Johannes Sturm, Na Yan, Xi Tan, and Hao Min "0.6–3-GHz Wideband Receiver RF Front-End With a Feed-forward Noise and Distortion Cancellation Resistive-Feedback LNA," *IEEE Transaction On Microwave theory*, vol. 60, issue 2, pp. 387-392, 2012.
- [2] F. Bruccoleri, E. A. M. Klumperink, and B. Nauta, "Wide-band CMOS low-noise amplifier exploiting thermal noise cancelling," *IEEE Journal of Solid- State Circuits*, vol. 39, no. 2, pp. 275–281, 2004.
- [3] F. Bruccoleri, E. A. M. Klumperink, and B. Nauta "Noise cancelling in wideband CMOS LNAs," *ISSCC 2002 / SESSION 24 / RF SYSTEMS / 24.6*.
- [4] W. Farrag , A. Ragheb , "Design of 0.05-5 GHz LNA for Cognitive Radios Receiver," *Recent Advances in Electrical and Computer Engineering*.
- [5] A. Ansari, M. Yavari., "A very wideband low noise amplifier for cognitive radios," *2011 18th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*, pp 623 – 626, Dec 2011.
- [6] Trung-Kien Nguyen, Chung-Hwan Kim "CMOS low-noise amplifier design optimization techniques," *IEEE Transactions on Microwave theory*, Vol. 52, Issue. 5, pp 1433 – 1442, May 2004.

## LA BIO-ÉCOLOGIE DU PETIT ROTIN *Eremospatha haullevilleana* DE WILD. (ARECACEAE) DANS LA RESERVE FORESTIERE DE YOKO (BASSIN DU CONGO, RD CONGO)

### [ THE BIO-ÉCOLOGY OF SMALL RATTAN *Eremospatha haullevilleana* de wild. (ARECACEAE) IN THE YOKO FOREST RESERVE (CONGO BASIN, RD CONGO) ]

Nicole SHALUFA ASSANI<sup>1</sup>, Jean de Dieu MANGAMBU MOKOSO<sup>2</sup>, Jean Marie KAHINDO MUHONGYA<sup>3</sup>, Honorine NTAHOBAVUKA HABIMANA<sup>4</sup>, and Jean Pierre MATE MWERU<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, Laboratoire d'Ecologie Terrestre, Faculté des Sciences, B.P : 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Département de Biologie, Université Officielle de Bukavu, Laboratoire de Systématique Végétale et de Biodiversité, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, B.P : 570 Bukavu, RD Congo

<sup>3</sup>Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Université de Kisangani, Laboratoire des Produits Forestiers Non Ligneux, Faculté des Sciences, B. P : 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>4</sup>Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Laboratoire de Palynologie, Anatomie du Bois et Biodiversité forestière, Faculté des Sciences, B. P : 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>5</sup>Ecole Post-Régionale d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et des Territoires Tropicaux (ERAIFT), Université de Kinshasa, B.P. 15.373-Kinshasa, R.D. Congo & Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Faculté des Sciences, B. P : 2012 Kisangani, 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 investigated the biology and ecology of *Eremospatha haullevilleana* De Wild. in the forest Reserve of the Yoko; one of the remnants of the primary forests in the Congo Basin, Democratic Republic Congo. The study aimed to evaluate the growth rate and the rate of formation of the new buds on the tufts in different conditions of light availability. 32 small rattan tufts were selected along 3000 m of phenologic trail and observed for a period of 9 months, from April to December 2008. The regression analysis was performed to determine the correlation between the growth, new buds formation rates and the light availability. The results showed that the growth rate of stem increased with time in open-up and semi-open-up habitats, whereas it decreased in shaded habitats. The open-up habitats appeared to be favorable environments to the survival of the stems of *E. haullevilleana* De Wild. Therefore, the formation of new buds was found to be slow (2 to 4 buds during the 9 months of investigation); and the ratio of underground biomass over surface biomass decreased with the density of light.

**KEYWORD:** Biology, Ecology, Rattan (*Eremospatha haullevilleana*), forest Reserve of the Yoko.

**RESUME:** La présente étude s'est basée sur l'étude biologique et écologique d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild. effectuée dans la Reserve forestière de Yoko. Cette réserve fait partie de l'un des vestiges des forêts ombrophiles 'primaire' dans le bassin du Congo en République Démocratique du Congo (RDC). L'objectif est d'évaluer les vitesses de croissance de cette espèce et la formation des nouveaux bourgeons au niveau de touffes dans différentes conditions d'éclaircements. 32 touffes de petit rotin ont été positionnées sur un sentier phénologique de 3000 m et suivies durant neuf mois. Les analyses de

régression ont été faites pour déterminer la relation entre les vitesses de croissance et la formation des bourgeons. Les résultats montrent que la vitesse de croissance des tiges augmente avec le temps en milieu clairière et en milieu semi-ouvert alors qu'elle décroît en milieu ombragé. La clairière constitue un milieu favorable à la survie des tiges de l'*Eremospatha haullevilleana* De Wild. Cependant cette formation s'avère lente (deux à quatre bourgeons durant neuf mois) et le rapport biomasse souterraine sur biomasse aérienne décroît avec la densité de la lumière.

**MOTS-CLEFS:** Biologique, Ecologique, Rotin (*Eremospatha haullevilleana*), Réserve forestière de Yoko.

## 1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo (RD Congo) est un vaste pays forestier situé au cœur de l'Afrique [1, 2]. Ses forêts couvrent 155,5 millions d'hectares (dont 99 millions d'hectares de forêt dense humide), soit plus ou moins 65% du territoire national, soit 12% des forêts mondiales et près de 50% des forêts tropicales d'Afrique dans le bassin du Congo. Ces forêts du bassin du Congo revêtent une grande importance au niveau mondial. Elles couvrent plus de cent soixante-douze millions d'hectares et constituent ainsi le deuxième plus grand massif de forêts tropicales humides de la planète après la forêt d'Amazonie et il regorge une diversité de la faune et de la flore extraordinaires [2]. Malheureusement, la connaissance de la biodiversité de ces écosystèmes, ainsi que des interactions entre les différents individus et / ou espèces d'une part, et leur milieu d'autre part ne sont pas bien étudiés et reste encore une vaste châtier à étudier [2-4].

Pour une bonne gestion des forêts, il nécessite des études écologiques sur les modes de distribution des espèces végétales qui favorisent la dissémination des diaspores en vue d'assurer la régénération de ces espèces dans le massif forestier [5, 6]. Pour cette raison, il nous a paru important de focaliser notre attention sur le petit rotin *Eremospatha haullevilleana* De Wild. qui est l'un des espèces très exploités par la population riveraine dans la Réserve forestière de Yoko qui est proche de la ville Kisangani [7].

Le terme « rotin, fig.1 » désigne les palmiers lianescents regroupés dans la famille des *Palmae* ou *Arecaceae*, la sous-famille des *Calamoideae* et la tribu des *Calameae*. Cette sous-famille compte également des plantes non lianescentes, dont le genre *Raphia* les rotangs comptent environ 558 espèces réparties en 13 genres groupés en 5 sous-tribus : *Ancistrophyllinae*, *Metroxylinae*, *Calaminae*, *Plectocomiinae* et *Oncocalaminae* [8].

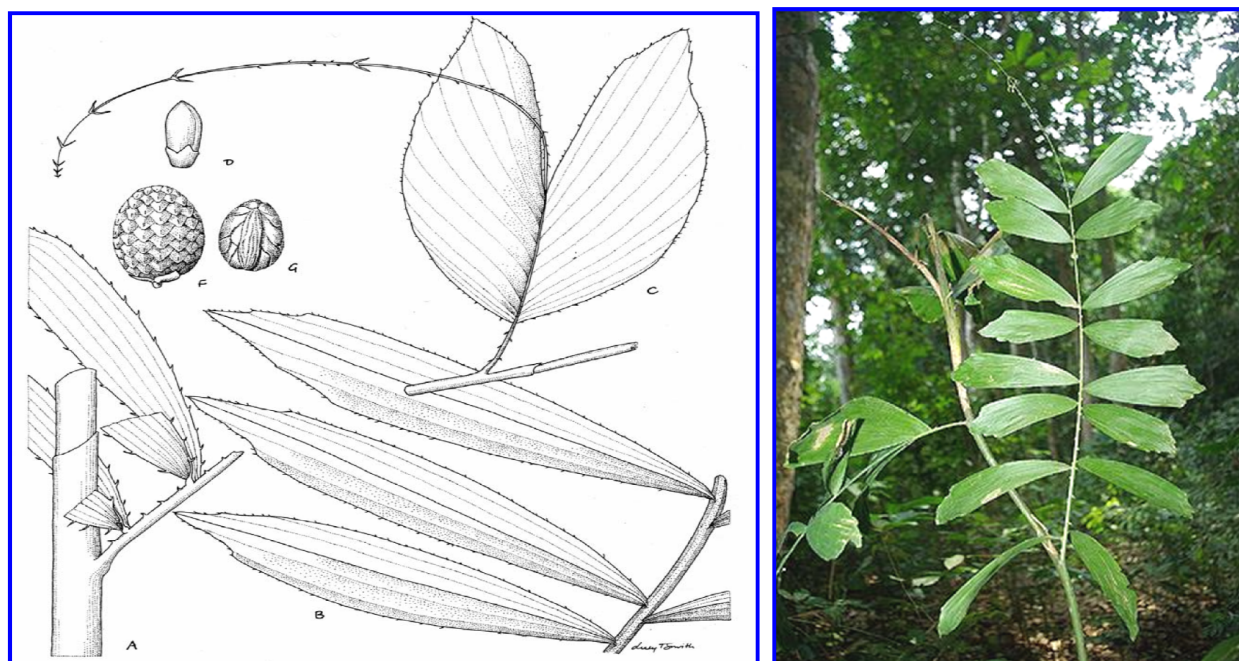


Fig. 1. A gauche, *Eremospatha haullevilleana* De Wild. (A. tige ; B. foliole ; C. feuille avec cirre ; D. fleur ; E. fruit ; F. graine, [10]) et à droite, photo de *Eremospatha haullevilleana* De Wild. prise à Yoko dans la forêt secondaire vieille (photo Chalufa, prise le 12 /2/2013)

Cette essence (le rotin) a été largement étudiée en Afrique, d’après la multitude de travaux effectués dans les domaines de la taxonomie, de la sylviculture ou encore sur le plan socio-économique [7, 9,10]. Dans la République Démocratique du Congo (RDC) en générale et la région de Kisangani en particulier, les études sur les rotangs sont dans sa phase embryonnaire [7]. Cependant, l’insuffisance des connaissances biologiques et écologiques de ces essences constitue une limite et un grand handicap à la bonne gestion de ces ressources en forêts.

Vu sa qualité marchande et son exploitation (construction des cases, réalisation des meubles (chaises, lits) et confection des vans, panier, nasse etc.) accrue dans notre région, il nous est impérieux d’approfondir sa biologie et son écologie en vue de sa gestion et son exploitation durable. D’où le choix justifié de cette espèce qui est la plus exploitée ce dernier temps par les exploitants artisanaux dans les forêts des environs de Kisangani.

## 2 METHODOLOGIE

### 2.1 SITE D’ETUDE

La Réserve Forestière de Yoko est située dans le domaine forestier au centre de la R.D. Congo précisément dans la collectivité Bakumu-Mangongo, territoire d’Ubundu, district de la Tshopo et province orientale [6], (fig.2). Elle est délimitée au Nord par les forêts perturbées et la ville de Kisangani, au Sud et à l’Est par la rivière Biaro, à l’Ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle s’étend des points kilométriques 21 à 38 [11].

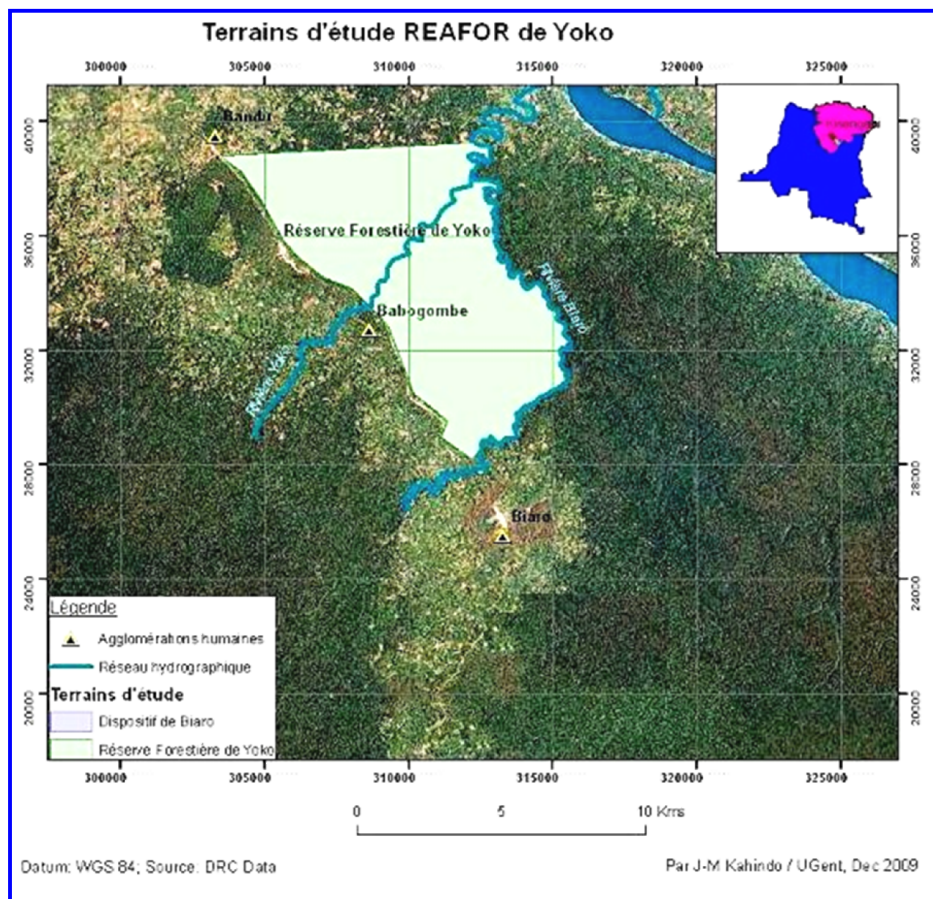


Fig.2. La carte de la Réserve Forestière de Yoko (Kahindo/U.Gent, 2009).

Elle est une propriété privée de l’Institut Congolais de la Conservation de la Nature (ICCN) suivant l’ordonnance loi n°75 – 023 de juillet 1975 portant création d’une entreprise publique de l’Etat dans le but de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l’ordonnance loi n° 78 - 190 du 5 mai 1988 [11].

Cette forêt est située sur un plateau (400 à 450 m d'altitude) et est caractérisée par une faible pente de 0-5 % d'inclinaison à inférieure à 45 % le long d'une grande dépression où coule un ruisseau. Suite à sa localisation dans la zone équatoriale, la RFY bénéficie d'un climat équatorial. La température moyenne mensuelle varie entre 22,4 et 29,3 °C, avec une moyenne annuelle proche de 25 °C [6]. Les précipitations annuelles varient entre 1500 et 2000 mm, avec une moyenne de 1750 mm. D'après le système de classification de Köppen, la RFY se retrouve dans la zone climatique de type Af.

Le substrat pédologique est constitué de deux grands groupes. Il s'agit notamment des sols ferrallitiques, bruns et rouges à jaunes constituant la majeure partie des sols de la région et les sols récents ou faiblement évolués, de type beaucoup plus local, alluvionnaires, hydromorphe, partiellement sableux dans la dépression et les berges du ruisseau [6].

## **2.2 METHODOLOGIE**

### **2.2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL**

Nous avons étalé nos observations sur une période de neuf mois pour suivre la croissance des tiges de petit rotin. Nous avons utilisé les techniques empruntées de la recherche quantitative [7, 12, 13]. En tout, 32 touffes de petit rotin ont été positionnées sur un sentier phénologique de plus de 3000 m linéaires mis en place à l'intérieur de la Reserve forestière de Yoko. Selon le type de milieu, elles se répartissent comme suit : Clairière (7 touffes), milieu semi- ouvert (10 touffes), et milieu ombragé (15 touffes).

Sur les 32 touffes retenues, 20 brins ou tiges de rotang ont été marquées et leur croissance suivie d'avril à décembre 2008, soit 9 mois d'observations. Chaque mois ; des mesures de longueur étaient prélevées à l'aide d'un mètre ruban sur les tiges marquées. Seules les jeunes tiges de moins d'1 m de longueur étaient retenues.

Dépassée une certaine hauteur, la prise de mesure était assurée moyennant une perche à longueur connue. Les touffes étaient régulièrement dénudées au collet et recouvert après comptage des bourgeons. Toute transformation du bourgeon en tige ainsi que l'apparition de nouveaux bourgeons étaient notées. Ces bourgeons conduisent à la formation des clones de tiges aériennes lianescentes.

Les biomasses ont été récoltées dans différent type de milieu. Ainsi, nous avons récoltés 75 individus à différent stade de développement (plantule et juvénile) dont les poids frais et secs ont été pris [[7, 12].

### **2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES**

Un des aspects écologique que nous avons voulu mettre en exergue est la relation entre la croissance du rotang *Eremospatha haullevilleana*. De Wild. Cette croissance exprimée ici en termes du rapport de biomasse des parties aérienne et souterraine de la plante (S/A), [13].

Nous l'avons calculé à l'aide de la régression linéaire entre les différents paramètres et a été appliquée à l'aide du programme STATISTICA afin de rendre compte des données recueillis sur 3000 m linéaires de sentier phénologique au sein de la Reserve forestière de Yoko. Les résultats ont été considérés significatifs si  $P < 0,001$ [14,15].

## **3 RESULTATS**

La pérennité d'une ressource végétale dépend en plus des facteurs écologiques de la capacité qu'a l'espèce à renouveler continuellement sa population tout en étant soumise à des récoltes intensives et parfois répétées. Une bonne connaissance de ses exigences en matière de la régénération et de croissance peut grandement faciliter son processus de gestion durable. Nos résultats sont subdivisés en deux grandes parties : des aspects biologique et écologique.

### **3.1 ASPECTS BIOLOGIQUES**

#### **3.1.1 APPARITION DES BOURGEONS SELON LES CONDITIONS D'ÉCLAIREMENT**

L'évolution du nombre de bourgeons sur les touffes de rotang se présente dans la figure 3 suivant l'évolution de nombre des bourgeons dans différents types de milieux. Il découle dans cette figure que le nombre de bourgeons ne s'accroît pas indéfiniment et qu'il finit par afficher un pallier avec le temps, peu importe les conditions de croissance. Quant à l'éclaircissement, il faut un maximum de lumière pour la formation de nouveaux bourgeons. Il apparaît également que ce

recrutement est le plus variable lorsque l'éclairement est minimal, car l'espèce est héliophile (besoin de lumière pour sa croissance).

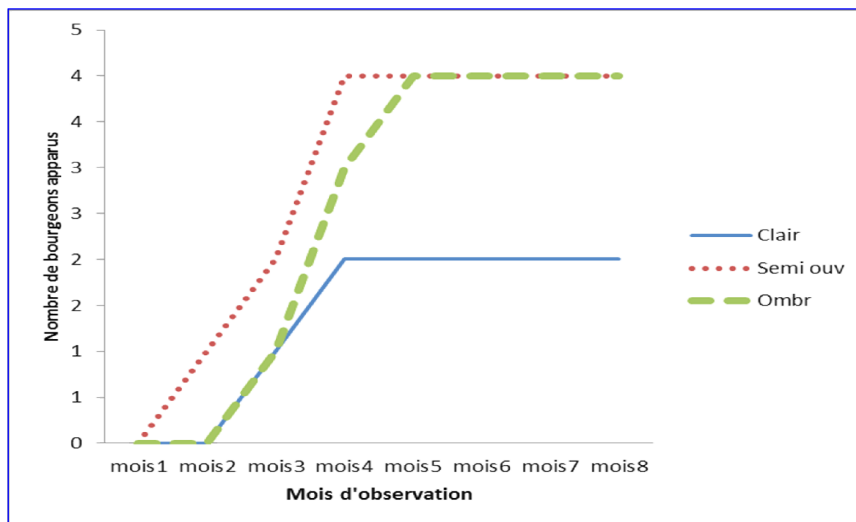


Fig.3. Evolution de nombre des bourgeons dans différents types de milieux

### 3.1.2 CROISSANCE DES TIGES

Si l'on met en parallèle l'évolution temporelle du recrutement, de l'initiation de la croissance au niveau des touffes (fig. 4), les bourgeons se transforment en jeunes tiges qui traversent tous les stades cités plus haut. Cette croissance est dite indéfinie car la floraison est latérale. Cette croissance se traduit par un accroissement de la longueur des tiges.

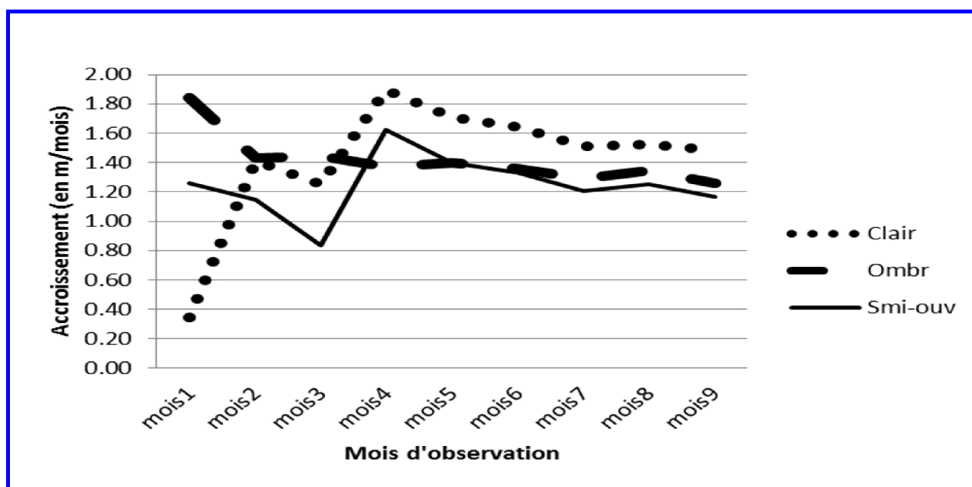


Fig.4. Croissance des tiges d'Eremospatha haullevilleana De Wild. dans différents types de milieux

Il se dégage que la vitesse de croissance augmente avec le temps dans les milieux éclairés et semi-ouvert, alors qu'en condition d'ombrage, cette vitesse décroît. En clairière, la vitesse de croissance augmente pour atteindre près de 2 mètres par mois vers le 4<sup>ème</sup> mois. Vers la fin de la végétation, elle diminue afin de stabiliser environ 1,4 mètres par mois. Pour les deux autres types de milieu, les premiers mois semblent défavorables à la croissance et affichent une diminution nette de la croissance.

### 3.1.3 COURBES DE SURVIE DES TIGES

Pendant leur croissance, toutes les tiges n'évoluent pas jusqu'à la floraison. Elles sont parfois sujettes à des attaques des mycètes ou d'insectes au niveau de leurs points végétatifs et dégénèrent ou parfois forment des ramifications latérales. La

figure 5 présente différentes allures observées pour la survie des tiges dans les différents milieux de croissance. Cette survie est exprimée en termes des tiges ayant survécu à l'issue des 9 mois d'observation dans la Réserve. Il ressort dans cette figure 5 que la clairière constitue le milieu de croissance favorable à la survie des tiges d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild.

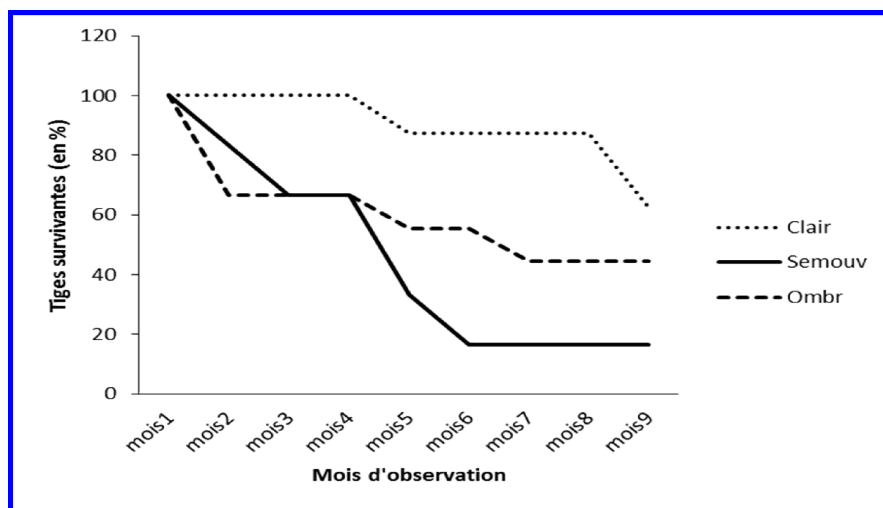


Fig.5. Courbes de survie des tiges d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild.

Après neuf mois d'observation, nous constatons que près de 60% de tiges ont survécu, contre seulement moins de 20% en conditions intermédiaires (milieu semi-ouvert). Cependant, cette survie paraît moyenne en condition d'ombrage, avec une valeur variant autour de 40%. Toutefois, d'une manière générale, la survie des tiges semble diminuer avec le temps, à en croire les équations des courbes de tendances, qui présentent des pentes négatives (fig. 5). Ce constat montre aussi que la production des plantules par les clones représente un des principaux moyens de reproduction de certaines espèces de rotangs. Elle se fait à partir des drageons produits par bourgeonnement de la partie basale ou souterraine des tiges. Ce passage des bourgeons en plantules est désigné dans la présente étude sous le vocable « initiation de la croissance ».

Nous avons constaté que, la présence de trouées dans la canopée joue un rôle fondamental ; elle se caractérise par un stade pionnier où les individus adultes qui vont composer le peuplement sont des espèces pionnières ou héliophiles, susceptibles de ne germer que dans de bonnes conditions de lumière. Ce groupe d'essences se distingue par une croissance très rapide, une maturité précoce, une fécondité élevée et une espérance de vie faible

### 3.2 ÉCOLOGIE *EREMOSPATHA HAULLEVILLEANA* DE WILD. DANS LA RESERVE DE LA YOKO

Malgré leur importance pour les écosystèmes forestiers et l'économie, les connaissances sont encore limitées en ce qui concerne l'écologie des populations naturelles de rotangs, la dynamique des touffes et leur croissance. Un des aspects écologiques que nous avons voulu mettre en exergue est la relation entre la croissance du rotang *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et les biomasses ont été récoltées dans différent type de milieu.

La figure 6 montre qu'il y a une très faible valeur de  $R^2$  (0,038) et montre l'absence de corrélation entre la croissance de *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et biomasse des parties aériennes, souterraine de la plante et les clairières. Mais les rapports Biomasse souterraine/Biomasse aérienne ; Il ressort qu'en milieu semi-ouvert et ombragé, le rapport de biomasse décroît avec la densité de lumière.

En d'autres termes, plus le milieu s'ouvre à la lumière, plus la biomasse ne s'accroît en faveur de la partie aérienne. Mais il est significatif dans le milieu ombragé, car  $R^2$  est supérieure à 0,05. Dans tous les cas, les droites de tendance montrent que la liaison entre les deux paramètres est très faible.

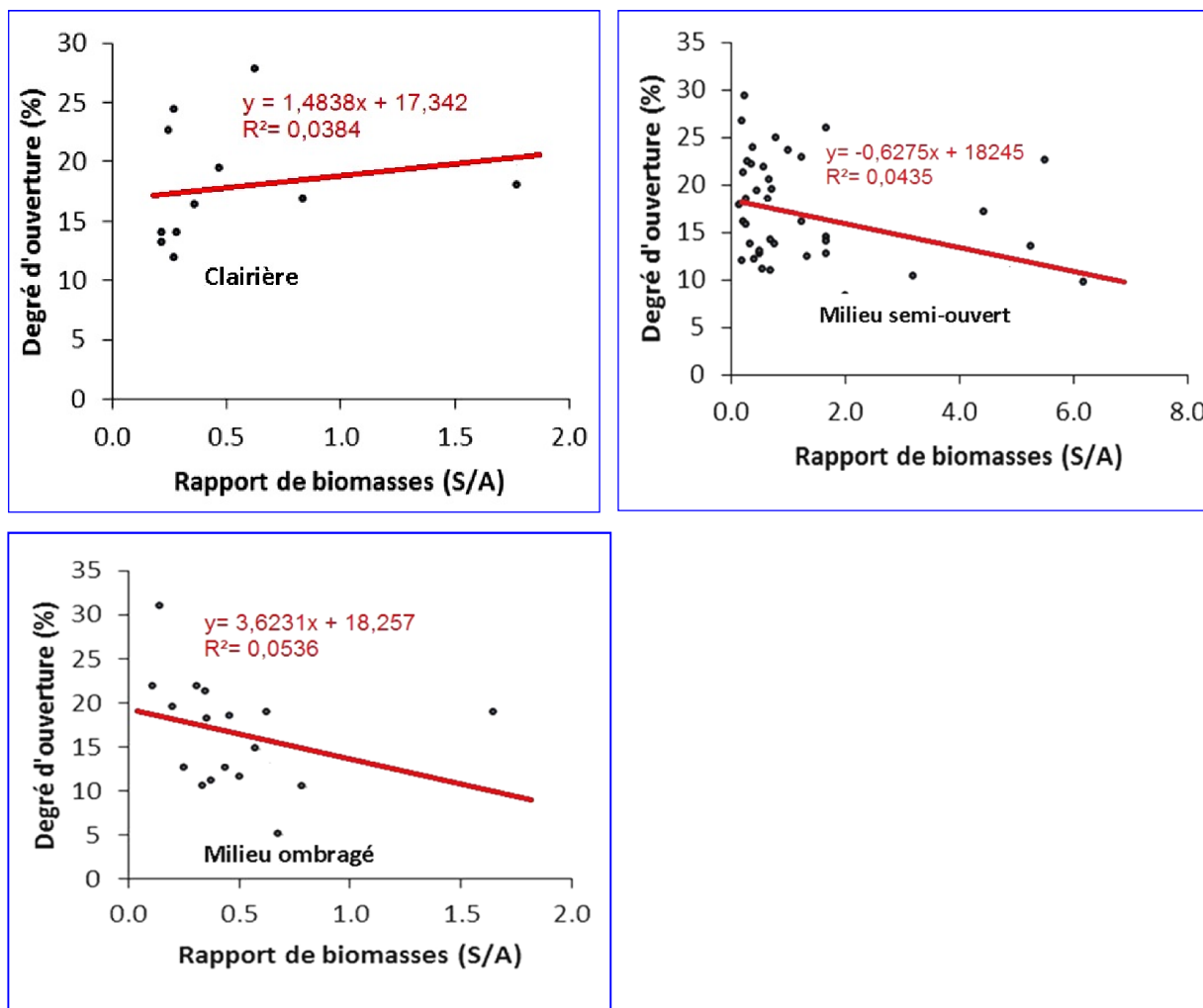


Fig. 6. Evolution du rapport de biomasses dans les différents milieux

## 4 DISCUSSION

### 4.1 FORMATION DES BOURGEONS

En général, il est connu que les palmiers grimpants ont besoin de plus d'intensité lumineuse pour leur croissance comme la majorité des lianes héliophiles [16]. Ces espèces héliophiles sont pour la plupart pionnières et germent dans les endroits à découvert. La lumière favorise la croissance rapide en hauteur et en diamètre du fût des espèces. Les trouées, chablis et clairières favorisent la pénétration de la lumière dans les forêts ombrophiles pour permettre la régénération des espèces héliophiles [17].

Ces dernières sont en mouvement continu d'une génération à l'autre. Les plantes sciaphiles sont des espèces non pionnières qui germent dans les milieux sous couverts et peuvent survivre sous ombrage. C'est dans ce cadre que nous avons cherché à vérifier les vitesses de croissance de cette espèce et la formation de nouveaux bourgeons au niveau de touffes dans différentes conditions d'éclaircissements.

Nos observations s'avèrent que la formation de nouveaux bourgeons et leur transformation en plantules, premier stade de développement des rotangs des conditions écologiques favorables. Les individus de petit rotin se produisent naturellement dans les forêts tropicales fermées et sont les colonisateurs précoces des clairières. A cause de cette raison, la plupart des individus sont extrêmement exigeants en lumière et répondent bien à une réduction limitée de la voûte forestière. C'est ainsi que Sunderland et Profizi [10] confirment que l'augmentation des perturbations des forêts à travers les

coupes sélectives favorise la régénération des rotins et ces palmiers ont souvent un aspect commun le long des pistes d'exploitation et de dérapages.

Mais selon Peters [17], la stratégie de survie d'une espèce dans un milieu doit être évaluée à partir de son aptitude à recruter de nouveaux individus pour maintenir sa population. A ce titre, la structure de la population d'une espèce dans chaque type de formation végétale peut donc renseigner sur sa régénération et conduire à la définition de son biotope préférentiel. La production ou l'apparition des bourgeons sur le rhizome représente ainsi un moyen de reconstitution de nouveaux individus pour cette espèce. Dans nos recherches à la réserve de la Yoko, nous avons constaté que le rythme d'apparition de bourgeons varie en fonction du milieu. Les valeurs les plus importantes ont été obtenues en milieu semi-ouvert. En effet, nous pensons que ce milieu bénéficie aussi bien d'une humidité permanente que d'une lumière tamisée dont la combinaison serait favorable au développement des bourgeons. Cette confirmation est renforcée par les valeurs élevées du coefficient de détermination ( $R^2=0,769$ ) et corrobore avec les données obtenues par Nzooh- Dongmo [3] dans la Réserve de Biosphère du Dja, au Cameroun.

En outre, la production des plantules par les clones représente un des principaux moyens de reproduction de certaines espèces de rotangs [3]. L'auteur a constaté que le rythme de production des plantules par les clones des espèces suivies variait en fonction des périodes et que les valeurs les plus importantes ont été obtenues pendant la saison des pluies. En effet, au cours de cette saison ; le degré hygrométrique du sol est assez élevé, favorisant la croissance du rhizome avec bourgeonnement de nouvelles.

#### **4.2 CROISSANCE DES TIGES ET RELATION BIOMASSE-MILIEU DE CROISSANCE**

Nous avons constaté que l'accroissement en longueur constitue un facteur déterminant pour la survie d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild. Il permet à la tige d'atteindre la maturité sans laquelle la reproduction sexuée est mise en mal. Aussi, c'est avec cette croissance qu'elle peut atteindre la canopée, et servir de tire-sève, en faveur des bourgeons du rhizome. Elle paraît faible en milieu semi-ouvert et en milieu ombragé. Les valeurs moyennes mensuelles indiquent qu'elle est optimale en milieu éclairé. La croissance des tiges d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild. ait été la plus faible pendant la seconde saison pluvieuse, de Septembre à Novembre. L'utilisation d'un test formel aurait permis de confirmer ou d'infirmer cette constatation, cependant la très grande disparité des données rend tout test aveugle et donc inutile.

En milieu ombragé, la vitesse de croissance décroît avec l'âge de la tige selon l'équation  $y=-0,048x+1,66$  ( $R^2=0,053$ ). Cette valeur élevée du coefficient de détermination est confirmée par les travaux de Nzooh-Dongmo [2,9], Caballé [13] et Nzooh-Dongmo et al. [18] dont les travaux ont fait mentions sur les biotopes préférentiels des rotangs. En effet, les différentes espèces des rotangs étudiées exigent dans l'ensemble de meilleures conditions d'éclairement pour atteindre la maturité. Le même constat a été fait par Dransfield [19] et Sonwa et al., [20] pour qui ont trouvé que la majorité des végétaux lianescents pour s'épanouir et se reproduire doivent atteindre la canopée forestière ou les conditions d'éclairement sont maximales.

Mahindo [7] démontre que la croissance de petit rotin est marquée beaucoup pendant les saisons humides et ralenties pendant les saisons sèches, l'effet de la saison n'est pas vraiment manifeste ici. Au contraire, il apparaît même que la croissance des tiges d'*Eremospatha haullevilleana* De Wild. ait été la plus faible pendant la seconde saison pluvieuse, de Septembre à Novembre. L'utilisation d'un test formel aurait permis de confirmer ou d'infirmer cette constatation, cependant la très grande disparité des données rend tout test aveugle et donc inutile. La tendance observée dans les valeurs du rapport biomasse souterraine/biomasse aérienne dans les différents milieux confirme d'avantage la préférence des rotangs pour les conditions d'éclairement optimal.

En effet, avec l'ouverture du milieu, on assiste à une certaine inversion dans l'accumulation de la biomasse. Dans le bas âge, les réserves sont en bonnes quantités au niveau des rhizomes. Avec le développement, ces réserves sont progressivement cédées aux tiges aériennes probablement pour leur permettre d'atteindre la canopée et servir de tire-sève pour les bourgeons « dormance » sur les rhizomes.

## **5 CONCLUSION**

Cette étude nous a permis d'acquérir les connaissances sur milieu favorable pour croissance et la régénération ainsi qu'à la survie de cette espèce vis-à-vis des facteurs écologiques testés. Ce travail montre l'intérêt des études ciblées sur une espèce et son environnement, pour comprendre sa dynamique temporelle et en déduire des règles spécifiques de sylviculture si possible. En d'autre, cette étude permet d'alimenter des réflexions plus générales sur la dynamique des

écosystèmes tropicaux. Pour des espèces ayant une dynamique ou temporelle liée à la lumière, ces résultats constituent une base pour la compréhension du fonctionnement des forêts tropicales humides.

Cette liane a besoin pratiquement de toutes les conditions d'éclairage pour son développement : l'ombrage pour la formation et le bon développement des bourgeons en tiges aériennes, puis une ouverture pour permettre l'ascension de ces tiges dans la canopée d'où elles assurent la « nutrition » des bourgeons en formation. Donc, au cours de son développement, le clone de petit rotin perd progressivement ses tiges.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit du Professeur *Kahindo* et l'Assistante *Shalufa* pour initiation de ce papier. Nous remercions vivement le Professeur *Mangambu* pour sa très grande contribution louable par ses suggestions concrètes, ses conseils et son expérience dans le traitement statistique des données. Nous remercions aussi les responsables de la Réserve de la Yoko pour leurs appuis sécuritaire et logistique.

## REFERENCES

- [1] C. Vancutsem, J. Pekel, C. Evrard, F. Malaisse P. P. Defourny, "Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo", Presses Universitaires de Louvain, 2006.
- [2] M. Mangambu, K. Muyisa, B.R. Nishuli et H. Ntahobavuka, "Utilisation des ressources forestières ligneuses par la population habitant la zone submontagnarde du Parc National de Kahuzi-Biega (R.D. Congo)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol.11, N°2, pp. 508-521, 2015.
- [3] Z.L. Nzooh-Dongmo, "Biologie et écologie des rotangs dans la réserve de Biosphère du Dja (Cameroun)", *Thèse de doctorat*, p. 188, 2005.
- [4] M. Mangambu, "Taxonomie, biogéographie et écologie des Ptéridophytes de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo", *Thèse de doctorat, Université d'Anvers/Belgique*, p.463, 2013.
- [5] R. Condit, R. Sukumar, S.P. Hubbell and R.B. Foster "Predicting population trends from size distributions: A direct test in a tropical tree community", *American Naturalist*, vol. 152, pp. 495-509, 1998.
- [6] N.A. Shalufa, E. Robbrecht, L. Katusi, M. Nshimba, H. Ntahobavuka et M.J.D. Mangambu, "Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko (République Démocratique du Congo)", *Journal of Animal and Plant Sciences*, vol.22, N°1, pp. 3569 -3587, 2014.
- [7] M. J-M. Kahindo, "Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'oeuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo)", *Thèse de doctorant, Université de Kisangani/RDC*, 271 p + annexes, 2011.
- [8] APG III, "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants", *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 161, pp. 105-121, 2009.
- [9] T.H.C. Sunderland et J-P. Profizi, "Nouvelles recherches sur les rotins africains", *Acte n°9 de la Rencontre Internationale des Experts, CARPE*, 146pp, 2002a.
- [10] T.H.C. Sunderland, Hapaxanthly and pleoanthy in African rattans (Palmae: Calamoideae). *Journal of . Bamboo and Rattan*, Vol.1, N°2, pp. 132-139, 2002b.
- [11] B. C. LOMBA et M. B.NDJELE, "Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la Réserve de Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo", *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani*, vol.11, pp. 35-45, 1998.
- [12] L. Defo, "Le Rotin, la forêt et les hommes. Exploitation d'un produit forestier non ligneux au sud du Cameroun et perspectives de développement durable", *Thèse de doctorat*, pp.360, 2005.
- [13] G. Caballé, "La biologie des lianes ligneuses en forêt dense du Gabon. Thèse de Doctorat, Université des Sciences de Montpellier/France, pp.286, 1986.
- [14] J.Larmarange, "Initiation à l'utilisation du logiciel STATISTICA, pp. 53, 2004. [www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/demo/](http://www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/demo/).
- [15] T.Nicolas, "Régression linéaire", *Institut National des Recherches Agronomiques*, pp.33, 2005.
- [16] C. Masumbuko, F. Habiaremye and J. Lejoly, "Impact of *Sericostachys scandens* on forest regeneration in the Kahuzi-Biega National Parc. In : Beau N, Dessein S. & Robbrecht E. (Eds.). *African Plant diversity, Scripta Botanica Belgica*, pp. 130-137, 2013. Proceedings XIXth AETFAT Congress 26 - 30 April 2010, Antananarivo, Madagascar.

- [16] M. Mangambu, D. Wabika, M. Imani et I. J-C. Mwanga Mwanga, "Etude préliminaire sur la connaissance taxonomique et endémisme des Rubiaceae Kahuzi-Biega à l'est de la R.D Congo", *Continental Journal of Biological Sciences*, vol. 6, N° 3, pp. 33-42, 2013.
- [17] Peters, "Exploitation soutenue des produits forestiers autres que le bois, manuel d'initiation écologique", *Programme d'appui à la biodiversité, Série générale*, vol. 2, pp. 49, 1997.
- [18] Z.L. Nzooh-Dongmo, B-A Nkongmeneck, R.C. Fotso, "Diversité, biotope préférentiel et répartition géographique des rotins de la Réserve de faune du Dja et ses environs". Séminaire FORAFRI de Libreville - Session 2 : *connaissance de l'écosystème*, 1999.
- [19] J. Dransfield, "Taxonomy of rattans. In W.M. Razali, J. Dransfield et N. Manokaran, eds. *A guide to the cultivation of rattan*. Forest Record No. 35, 1992. Malaysia Forest Research Institute, Kuala Lumpur, Malaise
- [20] D.J.Sonwa, Z.L. Nzooh-Dongmo, B.A. Nkongmeneck, L. Zapfack et L. Defo, "Gestion Et Conservation des ressources forestières du Bassin du Congo : Hypothèses préliminaires de domestication des rotangs dans les systèmes anthropiques de la zone de forêt humide du Sud Cameroun". in T.C.H. Sunderland et J.P.Profizi, pp.146, 2002. Nouvelles recherches sur les rotins africains. Acte n° 9 de la Rencontre Internationale des Experts, CARPE.

## Evaluation de l'activité antibactérienne du *Salvadora Persica* et leur caractérisation chimique

Z. Mammad<sup>1</sup>, T. Djassinra<sup>1</sup>, A. Kribi<sup>2</sup>, and K. Ounine<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Microbiologie Appliquée, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofaïl, BP 133, 14000, Kénitra, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire des Procédés de Séparations équipe de chimie appliquée à l'environnement, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofaïl, BP 133, 14000, 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:** *Salvadora Persica* is a plant known for its medicinal properties whose variety of pharmacological activities have been reported by many studies. Volatile extracts of *Salvadora persica* are obtained either by hydrodistillation or by using a Soxhlet apparatus from crushed roots by using hexane as solvent. The obtained result by hexane extraction 2.5% has given better results than the one got by steam distillation 0.05%. Thus, the extracts obtained have been analyzed by coupling (GC-MS). The following products are among the many products identified: The Eugenol, the Asarone the Borneol the Carvacrol, vanillin, the Cuminal, Camphor, Acetamide the n-benzyl, the benzyl Isocyanate and the oily acids Oleic and palmitic that represents the majority of the products extracted.

The essential oil of action *Persica* - on *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* by the method aromatogram- shows that these bacteria are inhibited. Therefore, essential oil Miswak generated a zone of inhibition of 40, 25 and 15mm respectively on *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Meanwhile, it did not influence *Pseudomonas aeruginosa*.

The antimicrobial activity of the essential oils has been evaluated by determining the minimum inhibitory concentration (MIC). Comparing the antibacterial effect with antibiotics, it was observed that the Miswak has a noticeable antibacterial power. It may, then, be an excellent oral hygiene agent.

**KEYWORDS:** *Salvadora Persica*; extracts; essential oil ; Soxhlet; GC-MS; *Streptococcus faecalis*; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*; *Pseudomonas aeruginosa* MC1; Aromatogram.

**RESUME:** *Salvadora persica* est une plante connue pour ses vertus médicinales dont de nombreuses études ont rapporté diverses activités pharmacologiques.

Les extraits volatils de *Salvadora persica* sont obtenus soit par hydrodistillation, soit à l'aide d'un appareil de Soxhlet à partir des racines broyées en utilisant l'hexane comme solvant. Le rendement obtenu par extraction à l'hexane 2.5% est beaucoup plus significatif que celui obtenu par hydrodistillation 0.05%. Les extraits ainsi obtenus sont analysés par couplage (CG-SM). Les produits cités ci-suit sont parmi les nombreux produits identifiées :

l'Eugenol, l'Asarone, le Borneol, le Carvacrol, la Vaniline, le Cuminal, le Camphre, l'Acetamide n-benzyl, l'Isocyanate de benzyl et les acides gras Oleique et palmitique qui représentent les produits majoritaire des extraits. L'action d'huile essentielle de *Salvadora Persica* sur *Streptococcus faecalis*, *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* par la méthode d'aromatogramme montre que ces bactéries sont inhibées. En effet l'huile essentielle de Miswak a engendré une zone d'inhibition de 40, 25 et 15mm respectivement sur *Streptococcus faecalis*, *Escherichia Coli* et *Staphylococcus aureus*. Alors qu'elle n'a pas donné d'effet sur *Pseudomonas aeruginosa*.

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été évaluée par la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI). En comparant l'effet antibactérien avec les antibiotiques, on observe que le Miswak possède un pouvoir antibactérien notable. Il peut, alors, constituer un excellent agent d'hygiène buccale.

**MOTS-CLEFS:** *Salvadora persica*; huiles essentielles; Soxhlet; GC-MS; Streptocoque faecalis; Escherichia Coli; Staphylococcus aureus; Pseudomonas aeruginosa MC1; Aromatogramme.

## 1 INTRODUCTION

Les plantes sont une source naturelle d'agents antibactériens. Elles sont plus efficaces et moins nocives, elles présentent une faible toxicité pour les mammifères et peuvent être manipulées facilement (Deshpan., 2011).

Plusieurs études ont montré que les huiles essentielles et leurs constituants présentent un potentiel important en tant qu'agents antimicrobiens et dans plusieurs domaines industriels et médicaux (Baser et coll., 2002). Pourtant *Salvadora persica* (Miswak ou bâtonnet à curer) est un arbuste ou petit arbre appelé arbre « brosse à dents » car les jeunes rameaux ainsi que les racines sont utilisées pour se brosser les dents (Noumi et coll., 2011). Ils ont été utilisés par de nombreuses communautés musulmanes (Sher et coll., 2010) car leur efficacité pourrait être équivalente à celle des méthodes d'hygiène ultra-modernes. Des recherches scientifiques ont prouvé que cet arbre "brosse à dent ou Miswak" est très utile dans la prévention de la carie dentaire, même en cas d'utilisation sans aucune autre méthode de nettoyage des dents (Hilal et Rajagopal., 2013). Le « Miswak » a des propriétés Antibactériennes, Anticandidal, Antioxydant (Noumi et coll., 2011), Antiviral, Analgésique, Anti-inflammatoire, Anti-pyrétique, Diurétique et activités gastrique amères (Galletti et Chiavari., 1993), Anticaries, Anti-maladies parodontales et antifongiques (Al-Bagieh, Almas 1997).

En ce qui concerne les composés chimiques, on a trouvé différentes compositions dans l'extrait de *Salvadora persica*. Certains de ses constituants chimiques sont biologiquement actifs tels que la vitamine C, salvadorine, Salvadoreurea, Alcaloïdes, la triméthylamine, glycosides cyanogènes, tanins, des saponines et des sels surtout que les chlorures (Alali et coll., 2004; Almas, 2002; Almas et coll., 2005; Rajesh et coll., 2009). Les acides oléique et linoléique ont été suggérés pour leur contribution à l'efficacité du nettoyage, et pour leurs propriétés antifongiques (Abdillah et coll., 2010) (Kamil M et coll., 1999).

L'usage abusif des antibiotiques de synthèse modifie l'équilibre de la flore buccale et favorise le développement de germes pathogènes résistants, pour pallier aux problèmes engendrés par les antibiotiques, une médecine douce est préconisée.

Cependant, l'objectif de ce travail est d'étudier les compositions chimiques des extraits volatils de *Salvadora persica*, en provenance de la Mecque, Arabie Saoudi, et d'évaluer leurs pouvoirs antibactériens

## 2 MATERIEL ET METHODES

### MÉTHODES D'EXTRACTIONS

Les tiges de *Salvadora persica*, emportées d'Arabie Saoudi, ont été séchées à l'étuve à 37°C puis broyées au mortier. Deux types d'extraction ont été réalisés :

D'une part l'hydrodistillation qui est réalisée par un système classique, l'huile essentielle et l'hydrolat obtenus ont subi un relargage au chlorure de sodium et les composés volatils sont obtenus par extraction à l'éther diéthylique. Dans le cas de l'extraction au Soxhlet les composés solubles de *Salvadora persica* sont entraînés par l'hexane puis l'extrait est concentré au rotavapeur. Les extraits ainsi obtenus ont été conservés à 4°C à l'obscurité.

### MÉTHODES D'ANALYSE

L'identification des constituants des extraits volatils a été réalisée par comparaison des spectres de masse obtenus à ceux d'une base de données fournie avec l'appareil (NIST).

## SOUCHES MICROBIENNES

Les micro-organismes, utilisés pour tester l'activité des extraits : *Streptococcus faecalis* et *Staphylococcus aureus*, proviennent de patients du Service de Parodontologie du Centre de Consultation et de Traitements Dentaires du centre Hospitalo-universitaire de Rabat. *Escherichia Coli* isolée des eaux usées (S.Oulkhier et coll., 2008) et *Pseudomonas aeruginosa MC1* Isolée des eaux de puits (Bricha S et coll., 2007). Elles sont entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance pendant 24 heures à 37°C.

## PRÉPARATION DE L'INOCULUM

L'inoculum se présente sous forme de bouillon de culture de 18 à 24 heures correspondant à  $10^6$  UFC/ml pour *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* et  $10^7$  UFC/ml pour *Streptococcus faecalis* et *Staphylococcus aureus*.

Des antibiotiques communément utilisés en thérapie ont été retenus comme contrôle positifs. Les disques d'antibiotiques testés contiennent chacun en mg ou UI : (Ampicilline(10), Erythromycine(15), Tétracycline(30), Gentamicine(10)). Les disques d'antibiotiques sont appliqués sur Mueller Hinton couvert par l'inoculum. La sensibilité ou la résistance de la souche est déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition. L'incubation se fait à 24 heures à 37°C p. Chaque essai est répété trois fois. La sensibilité in vitro des souches en présence des antibiotiques est testée par la méthode des antibiogrammes

## MÉTHODE DE DIFFUSION DU DISQUE

### ANTIBIOGRAMME

Les antibiotiques testés sont les suivants : l'Ampicilline, l'Erythromycine, la Tétracycline, et la Gentamicine.

Pour réaliser l'antibiogramme par la méthode des disques, la culture bactérienne est ensemencée à la surface d'une gélose spécialement étudiée, la gélose de Mueller-Hinton (MH). Des disques pré-imprégnés d'une dose connue d'antibiotique sont déposés à la surface de la gélose (contrôle positif). L'antibiotique diffuse à partir du disque en créant un gradient de concentration. Après, on détermine du diamètre de la zone d'inhibition pour déduire les caractères de sensibilité ou de résistance de la souche bactérienne

### AROMATOGRAMME

Les tests sont effectués par la méthode de Vincent (Aromatogramme). Cette dernière consiste à déposer les disques de papier filtre imprégnés d'huile essentielle pure à la surface du milieu gélosé, Mueller-Hinton pour les bactéries, en boîte de Pétri préalablement ensemencées par inondation de. Un disque imprégné de solvant (contrôle négatif) est placé dans chaque boîte de Pétri, les boîtes sont incubées après le dépôt des disques, pendant 24 heures à 37°C. Les résultats sont exprimés par la mesure du diamètre des halos d'inhibition, en millimètre (mm).

### DETERMINATION DE LA CONCENTRATION MINIMALE INHIBITRICE (CMI).

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été évaluée par la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) par la technique de dilution sur gélose (Mayaud.L et coll ; 2008) Cette technique a été réalisée en préparant des milieux contenant différentes concentrations d'HE. La plus petite concentration d'HE pour laquelle aucune croissance bactérienne n'a été visible sur la gélose a été déterminée.

## 3 RÉSULTATS

### RENDEMENT ET COMPOSITIONS CHIMIQUES

Les extraits obtenus à partir de *Salvadora persica* sont de couleur brunâtre avec une très forte odeur persistante. Les rendements d'extractions sont généralement faibles ; à partir de 50g de poudre de Miswak on obtient environ 2.5% en matière organique extractible par l'hexane par contre moins de 0.01% d'huile essentielle extraite par entraînement à la vapeur d'eaux.

ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUE EN PHASE GAZEUSE DE L'EXTRAIT ORGANIQUE DE SALVADORA PERSICA

Les figures 1 rapportent le chromatogramme de l'extrait de *Salvadora persica* retenu par le CG-MS après l'hydrodistillation.

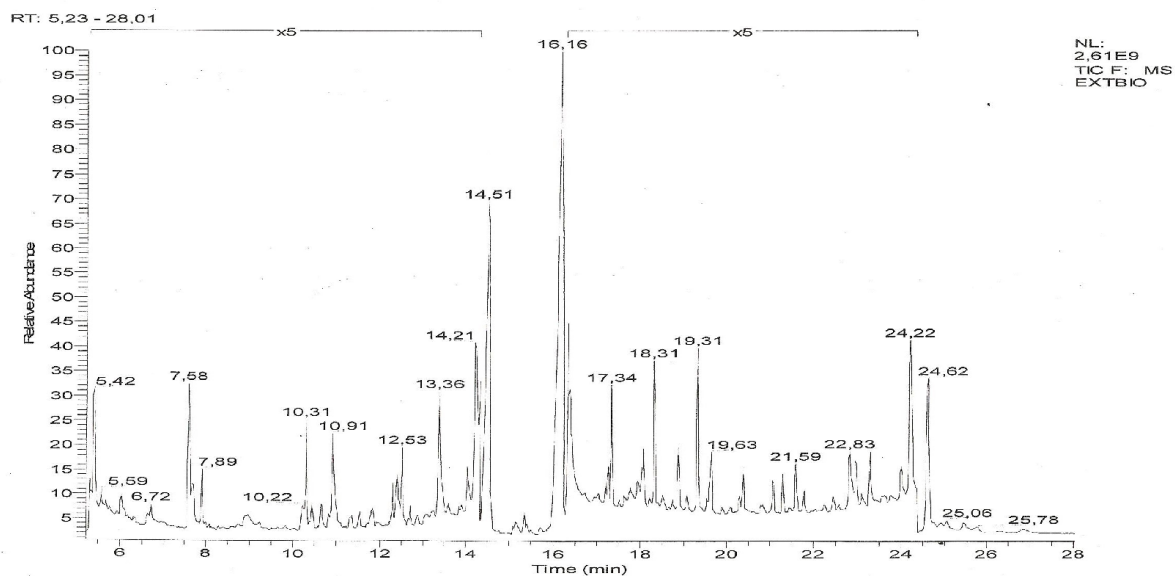


Figure 1 : Chromatogramme de l'extrait de *Salvadora persica* par l'hydrodistillation.

Tableau 1 : Composition chimique de *Salvadora persica* obtenue par Hydrodistillation.

Nom	hydrodistillation		
	RT	%	Formule
Eugenol	7.5	1.1	C10H13O2
Asarone	10.22	0.24	C12H16O3
Acide oleique	16.16	39.31	n-C18H32O2
Acide palmitique	14.51	23.59	n-C16H32O2
Acide hexadecanoique	14.21	1.80	n-C16H30O2
cholesterole	23.29	0.34	C27H46O
β-sitostérol	24.62	8.82	C29H50O
squalene	21.29	0.18	C25H42
Acide stearique	16.29	2.22	n-C18H36O2
Acide heptadecanoique	15.34	0.26	n-C17H34O2
Acide pentanoique	13.41	0.40	n-C15H30O2
dodecane	5.42	0.34	n-C12H26
Acide C11 ::	7.89	0.35	C11H18O2
Acide C13 ::	10.31	0.65	C13H22O2
Acide tetradecanoique	12.39	0.31	n-C14H28H2
Acide C15 ::	12.53	0.34	C15H26O2
Acide en C16	14.03	0.28	C16H32O2
Acide en C18 ::	15.70	0.24	C18H32O2
tricosane	17.27	0.12	n-C23H48
tetracosane	18.08	0.37	n-C24H50
pentacosane	18.87	0.39	n-C25H52
hexacosane	19.31	0.33	n-C26H54
heptacosane	20.37	0.19	n-C27H56
octacosane	21.06	0.1	n-C28H58
nonacosana	21.78	0.14	n-C29H60
triacontane	22.45	0.12	n-C30H62
campesterole	24.01	0.29	C28H48O
Cholesta-22,24 dien 5 ol,4,4-dimethyl	24.22	1.29	C29H46O

Tableau 2 : composition chimique de l'huile essentielle de *Salvadora persica* obtenue par Soxhlet.

Composés	Soxhlet		
	RT	%	Formule brute
Eugenol	18.77	0.58	C10H13O2
Asarone	23.46	0.04	C12H16O3
Acide oleique	32.20	6.14	n-C18H34O2
Acide palmitique	29.14	7.23	n-C16H32O2
Acide hexanoïque	8.32	0.42	C6H12O2
Acide octanoïque	13.07	0.46	C8H16O2
Benzyl isocyanate	13.35	0.65	C7H7NO
Borneol	13.80	0.26	C10H18O
Carvacrol	17.14	0.06	C10H14O
Vaniline	21.15	0.04	C8H8O3
Cuminal	16.31	0.72	C10H12O
Camphre	13.70	0.14	C10H16O
tricosane	32.20	1.62	n-C23H48
tetracosane	32.83	1.20	n-C24H50
pentacosane	35.63	0.88	n-C25H52
hexacosane	36.95	0.99	n-C26H54
heptacosane	38.35	0.87	n-C27H56
octacosane	39.46	0.63	n-C28H58
nonacosane	40.67	0.60	n-C29H60
triacontane	41.83	0.52	n-C30H62
2,4-dimethyl-2pentene	4.96	0.86	C7H16
nonanal	11.66	0.21	C9H18O
2-cyclohexen-1-one,3-methyl	12.31	0.36	C7H10O
Acide benzoïque	14.43	0.43	C7H6O2
Acide nonaïque	15.43	0.81	C9H18O2
Benzoïque acide	16.47	0.11	C8H8O2
2-vinyl naphthalène	19.73	0.39	C12H10
n-benzyl formamide	21.79	0.26	C8H9NO
Acétamide n-benzyl	22.15	0.42	C9H11NO
octadécane	24.70	0.04	n-C18H38
nonadécane	24.70	0.09	n-C19H40
écosane	28.18	0.21	n-C20H42
hénéicosane	29.79	0.54	n-C21H44
docosane	31.34	0.95	n-C22H46

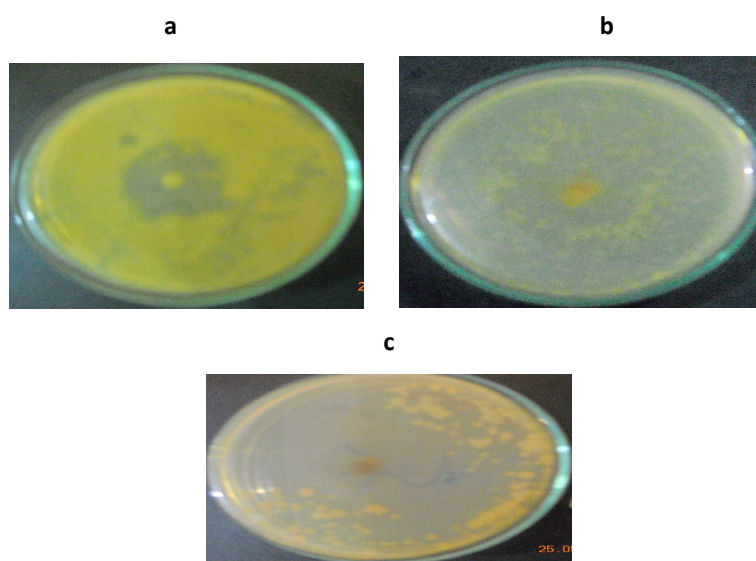
#### ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES HUILES ESSENTIELLES DE SALVADORA PERSICA

Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles de *Salvadora persica* a été testé vis-à-vis de quatre bactéries redoutées en santé humaine (Tableau 2), ce tableau illustre les diamètres de la zone d'inhibition des antibiotiques ainsi que les résultats relatifs aux diamètres des zones d'inhibition obtenus après l'action d'extraits sur *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*\_MC1.

**Tableau 3 : Activité antibactérienne des huiles essentielles de *Salvadora persica* à l'encontre de *Streptococcus feacalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosas MC1*.**

Les souches	Antibiotiques en (mm)				Extraits en (mm)
	AMP	CN	TE	E	SP
<i>Escherichia coli</i>	20S	25S	30S	10R	25
<i>Pseudomonas aeruginosa MC1</i>	36S	30S	37S	11R	—
<i>Streptococcus feacalis</i>	30S	24S	38S	30S	40
<i>Staphylococcus aureus</i>	39S	35S	34S	40S	15

- Ampicilline(AMP), Gentamicine(CN), Tétracycline(TE), l'Erythromycine(E).
- Les résultats sont notés selon les normes (R : souche résistante, S : souche sensible, I : souche intermédiaire) (Robin et coll., 2010)



**Figure 2 : Effet antibactérien de l'huile essentielle de Miswak vis-à-vis a-*Staphylococcus aureus* ; b-*Escherichia Coli* ; c-*Streptococcus feacalis*.**

**Tableau 4 : CMI de l'extraithexanoïque de *S. persica* contre les micro-organismes.**

CMI (mg/ml)	
Les souches	extrait
<i>Escherichia coli</i>	0.095
<i>Streptococcus feacalis</i>	0.025
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.12

Le tableau 4 résume la CMI de l'extrait de l'hexane de tige de *S. persica*. la plus forte activité a été observée contre *Strep. faecalis* (CMI: 0.025mg / ml) suivi par *E.Coli* (CMI: 0.095mg / ml) et *Stap.aureus* (CMI: 1.12mg / ml).

#### 4 DISCUSSIONS

L'extraction par distillation montre la présence des hydrocarbures aliphatiques, des acides gras saturés et insaturés, des alcools, et des stérols. Par contre l'extrait obtenu par soxhlet a identifié les alcools, les acides gras saturés et insaturés, les cétones, les composés azotés et aromatiques, les hydrocarbures et les aldéhydes.

Les composés identifiés dans les extraits de *Salvadora persica* sont reportés dans les tableaux 1 et 2, avec leurs temps de rétention (RT) et leurs pourcentages. On note au regard de ces tableaux, que l'Eugénole, l'Asarone, l'Acide Oleique, l'Acide Palmitique, l'Acide Hexadecenoïque sont présents aussi bien dans l'extrait de l'Hydrodistillation que dans l'extrait de Soxhlet, et on note qu'il y a des molécules qui sont présents dans un extrait et absents dans l'autre.

Vingt-neuf composés sont identifiés pour l'échantillon provenant de l'Hydrodistillation et trente-quatre pour celui provenant de Soxhlet (**Tableau 1 et 2**) ; les composés majoritaires sont l'Acide oléique (31,39 %), l'Acide palmitique (23,59 %), le 6-sitostérol (8,82%), l'Acide stéarique (2,22%), et l'Eugénol (1,1 %).

Parmi les molécules identifiées on cite :

- Le Stérol ont trouvé avec l'acide m-Anisique, et Salvadourea [1,3-bis-(3 -) Méthoxy-benzyle)-urée (Ray et coll ; 1975).
- Le Phenol dont les tanins est l'un de ces composants. Ces derniers empêchent l'adhérence des bactéries aux dents.
- L'Acide palmitique ou l'Acide cétylique fait partie des acides gras saturés, des molécules entrant dans la composition des lipides. Comme les autres acides gras saturés, l'acide palmitique ; consommé avec modération ; est bon pour l'organisme. Cet acide gras représente en effet une excellente source d'énergie.
- Le Carvacrol inhibe la croissance de plusieurs souches de bactéries, par exemple *Escherichia coli* ( WX et coll ; 2008) et *Bacillus cereus*. Sa faible toxicité ainsi que son goût et son arôme agréables ont conduit à son utilisation comme additif alimentaire pour prévenir la contamination bactérienne (Ultee A et coll ; 2001). Chez *Pseudomonas aeruginosa*, il provoque des lésions de la membrane cellulaire de ces bactéries et, contrairement à d'autres terpènes, il inhibe la prolifération de ces germes (Cox SD et coll ; 2007). On attribue l'origine de ces propriétés antimicrobiennes à une désorganisation de la membrane bactérienne (Di Pasqua R et coll ; 2007)( Cristani M et coll ; 2007).

Des analyses de composés volatiles d'extraits bruts de *Salvadora persica* ont révélé la présence d'Acide oléique (Howaida et al, 2003).

Les quatre souches testées réagissent différemment aux antibiotiques testés, on observe que ces souches sont sensibles à l'Ampicilline, la Gentamicine, et la Tétracycline. Tandis que l'*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa MC1* sont résistants à l'Erythromycine.

L'extrait de *Salvadora persica* était actif contre la plupart des bactéries pathogènes testées et le diamètre de la zone d'inhibition le plus important est observé dans le cas de *streptococcus* qui est le plus sensible. L'activité inhibitrice la plus élevée est observée contre le *streptocoque Faecalis* (zone d'inhibition : 40millimètres), alors que l'activité la plus faible était démontrée contre la *Staphylococcus aureus*.

On constate que les souches sont sensibles aux quatre antibiotiques, sauf l'*Escherichia Coli* et *Pseudomonas aeruginosa MC1*. Qui sont résistantes à l'Erythromycine.

L'extrait de Miswak a engendré une zone d'inhibition de 40, 25 et 15mm respectivement sur *Streptococcus faecalis*, *Escherichia Coli* et *Staphylococcus aureus*. Alors qu'il n'a pas donné un effet sur *Pseudomonas aeruginosa MC1*.

En comparant ces résultats avec celle des antibiotiques, on trouve que les bactéries étudiées sont aussi sensibles à l'extrait de *Salvadora persica* : 25-40 mm sur *Streptocoque faecalis*, *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Ce qui est en accord avec des études qui ont indiqué que l'extrait de *Salvadora persica* est efficace sur *Streptocoque mutans* et *Streptococcus faecalis* (Salehi et Momeni Danaie., 2006), même à des faibles concentrations de l'extrait de *Salvadora persica* (Almas, 1999).

D'autres auteurs montrent que l'activité inhibitrice la plus élevée de *Salvadora persica* a été observée contre le *Streptocoque Faecalis* (zone d'inhibition : 22,3 millimètres) (Firas, 2007).

Les effets antimicrobiens du Miswak sont attribués à l'action combinée de divers produits chimiques contenus dans son extrait, tels que les alcaloïdes, les terpènes, et oléique, linoléique et acide stéarique ( Abd EL Rahman., 2003).

Concernant CMI l'*Escherichia coli* et *Streptococcus feacalis* s'avèrent plus sensibles que *Staphylococcus aureus*. Par ailleurs *Staphylococcus aureus* est la plus résistante des souches étudiées (CMI=1.12) alors que *Streptococcus feacalis* est la plus sensible (CMI=0.025). En effet l'extrait a été efficace contre *Streptococcus feacalis* même en utilisant des bas concentrations de l'extrait ( Almas K.1999).

## **5 CONCLUSION**

L'usage abusif des antibiotiques peut entraîner l'émergence et la propagation de germes multi-résistants. Les extraits des plantes peuvent être utilisés comme agents de remplacement qui sont efficaces contre les pathogènes d'intérêt et qui ne perturbent pas la flore.

## REFERENCES

- [1] **Abdillahi HS, Stafford GI, Finnie JF, Staden JV (2010)** Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of *Podocarpus sensus latissimo* (S.l). *South Afr J Bot* 76: 1-24.
- [2] **Al-Bagieh NH et Almas K. (1997)**. In vitro antimicrobial effects of aqueous and alcohol extracts of Miswak (chewing sticks). *Journal Cairo Dental* ;13(2):221-224.
- [3] **Almas K, Skaug N, Ahmad I (2005)** An in vitro antimicrobial comparison of miswak extract with commercially available non-alcohol mouthrinses. *Int J Dent Hyg* 3: 18-24.
- [4] **Almas K. (1999)**. The effect of storage condition on the antimicrobial properties of miswak (*Salvadora persica*) used in Saudi Arabia. *Egyptian Dental Journal*; 45(4): 4845-4848.
- [5] **Almas K.(1999)** The antimicrobial effects of extracts of *Azadirachta indica* (Neem) and *Salvadora persica* (Arak) chewing sticks. *Indian J Dent Res* 10: 23-26.
- [6] **Baser (K.H.C.), Demirci (B.), Demirci (F.), Koçak (S.), Akinci (Ç.), Malyer (H.), Güteryüz (G.) (2002)** - Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Achillea multifida*. - *Planta Med.*, 68(10) , 941-943.
- [7] **Bricha S, Khadija Ounine, Said Oulkheir, Nouredine EL Haloui et Benaisa Attrassi (2007)**. "Etude de la qualité physicochimique et bacteriologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc)". *Afrique Science*.3(3):391-404.
- [8] **Cox SD, Markham JL, (2007)** « Susceptibility and intrinsic tolerance of *Pseudomonas aeruginosa* to selected plant volatile compounds », *J. Appl. Microbiol.*, vol. 103, no 4, ,p.6–930 .
- [9] **Cristani M, D'Arrigo M, Mandalari G, et al., (2007)**, « Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no 15, p.8–6300 .
- [10] **Darout I, Christy A, Skaug N et coll (2000)**. Identification and Quantification of Some Potentially Antimicrobial Anionic Components in Miswak Extract. *Indian J Pharmacol* 32: 11-14.
- [11] **Deshpan R, Kale A, Ruikar A, Panvalkar P, Kulkarni A, et al. (2011)** Antimicrobial activity of different extracts of *Juglans regia* L. against oral microflora. *Int J Pharm Pharm Sci* 3: 200-201.
- [12] **Di Pasqua R, Betts G, Hoskins N, Edwards M, Ercolini D, Mauriello G ( 2007)** , « Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no 12, ,p.70–4863 .
- [13] **Dorman (H.J.D.), Deans (S.G.) (2000)** - Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. - *J. Appl. Microbiol.*, 88, 308-316.
- [14] **E Noumi, M Snoussi1, N Trabelsi, H Hajlaoui, R Ksouri, E Valentin, A Bakhrouf (2011)**. « Antibacterial, anticandidal and antioxidant activities of *Salvadora persica* and *Juglans regia* L. extracts » *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(17), pp. 4138-4146.
- [15] **Firas A. AL-BAYATI, Khudir D. SULAIMAN( 2007)**. Department of Biology, College of Education, University of Mosul, IRAQ: Antimicrobial Activity of *Salvadora persica* L. Extracts Against Some Isolated Oral Pathogens in Iraq. Article.
- [16] **Galletti GC, Chiavari G, Duale Kahie Y (1993)** Pyrolysis/gaschromatography/ ion-trap mass spectrometry of the "tooth brush" tree (*Salvadora persica* L.). *Rapid Commun Mass Spectr* 7: 651-655.
- [17] HORDE.P 2004 Acide palmitique – Définition ; Sante-Medecine.
- [18] **Howaida F, Abdel R, Nils S, Whyatt AM, Francis GW (2003)**. Volatile Compounds in Crude *Salvadora persica* Extracts. *Pharma Biol.* 41:399–404.
- [19] **Kamil M, Jayaraj AF, Ahmed F, Gunasekhar C, Samuel S, et al. (1999)** Pharmacognostic and phytochemical studies on *Salvadora persica*. *J Pharm Pharmacol* 227: 51-58.
- [20] **Mayaud, L. Carricajo, A. Zhiri, A. and Aubert, G. (2008)**, Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. *Letters in Applied Microbiology* 47 ,167–173
- [21] **Oulkheir.S, K. ounine, N.E.EL Haloui, L. Ikko, S. Bricha and B. Attarassi (2008)**. Présence et excrétion des *Escherichia coli* O157: H 7 par les animaux d'élevage et leur prévalence dans les denrées alimentaires d'origine animale. *Rev. Tun. Infectiol*, 2 (3) : 1-10.
- [22] **Rajesh V, Suresh P, Anil B, Brijesh K, Priyanka P (2009)** *Salvadora persica* L (Tooth Brush Tree): A Review. *J PR* 2: 1809-1812.
- [23] **Ray, A. B., Chand, L. and Dutta, S. c. (1975)**: *Salvadourea*: a new urea derivative from *Salvadora persica* Linn. *Chem. Ind.* 12: 517-518.
- [24] **Robin,F., Aggoune-khinache, N., Delmas,J., Nim,M., Bonnet,R.(2010)**. Novel V/M Metallo- $\beta$ - Lactamase Variant from Clinical Isolates of Enterobacteriaceae from Algeria. *Antimicrobial Agents Chemotherapy* 54 :466-470.
- [25] **Salehi P et Momeni Danaie Sh. (2006)**. Comparison of the antibacterial effects of persica mouthwash with chlorhexidine on streptococcus mutans in orthodontic patients. Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
- [26] **Sher H, Al-Yemeni MN, Yahya SM, Arif HS (2010)** Ethnomedicinal and ecological evaluation of *Salvadora persica* L: A threatened medicinal plant in Arabian Peninsula. *J Med Plants Res* 4: 1209-1215.

- [27] **Ultee A, Smid EJ (2001)**, « Influence of carvacrol on growth and toxin production by *Bacillus cereus* », *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 64, no 3, 2001 p.8–373 .
- [28] **WX, Olsen CE, Avena-Bustillos RJ, McHugh TH, Levin CE, Friedman M (2008)**, « Storage Stability and Antibacterial Activity against *Escherichia coli* O157:H7 of Carvacrol in Edible Apple Films Made by Two Different Casting Methods », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 56,. p3082

## Study and Fabrication of Crystalline Silicon Solar Cell in Bangladesh; Using Thermal Diffusion Technique

*Md. Abdur Rafiq Akand<sup>1</sup>, Mohammad Khairul Basher<sup>1</sup>, Md. Asrafusjaman<sup>2</sup>, Nusrat Chowdhury<sup>3</sup>, Atia Abedin<sup>3</sup>, and Mahbul Hoq<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Solar Cell Fabrication & Research Division, Institute of Electronics,  
Atomic Energy Research Establishment, Bangladesh Atomic Energy Commission,  
Ganak Bari, Savar, Dhaka, Bangladesh

<sup>2</sup>Departments of Physics, Jagannath University, Dhaka, Bangladesh

<sup>3</sup>Institute of energy, Dhaka University, Dhaka, Bangladesh

---

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 conversion of sunlight into electricity using solar cells system (10-14%) is worthwhile way of producing solar energy. The rapid fall in solar cell prices leads researchers to intensify their research on efficiency improvement of solar cells and to further reduce the costs of the fabrication process. Bangladesh receives strong sunshine throughout the whole year (3.8-6.42 Kw-hr/m<sup>2</sup>) and it has been found that the average sunshine hours are 6.69, 6.16 and 4.81in winter, summer and monsoon, respectively. Bangladesh has good prospect of converting this sunlight into electricity through solar system, but there is no technology developed to fabricate solar cell locally in our country. To introduce this technology first time in Bangladesh “Bangladesh Atomic Energy Commission” has set up a laboratory to fabricate and research on crystalline silicon solar cell. This paper presents a solar cell fabrication process, in our solar cell fabrication laboratory, starts with a 200µm thick p-type silicon wafer using a diffusion technique with phosphorus oxy-chloride (POCl<sub>3</sub>) gas source and metallization with screen printer. The resulting solar cell is mono-facial and it is fabricated using phosphorous diffusion and screen printing technique. Initially the efficiency of our fabricated solar cell was very low because it’s very sensitive and depends on various parameters. The best achieved efficiency of our fabricated solar cell, using a screen printed and firing through metallization, on 161 cm<sup>2</sup> (total area) silicon wafers was about 7.0 %.

**KEYWORDS:** Solar energy, Fabrication process, Silicon wafer, Mono-facial, Phosphorus diffusion, Efficiency.

### 1 INTRODUCTION

The government of Bangladesh has declared that it aims to provide electricity for all by the year 2021 [1]. Energy is a critical input parameter for national economic development but Bangladesh has facing a power crisis for about a decade [2]. All the conventional sources of energy like gas, coal, oil etc. are limited. Currently most power plant in Bangladesh (represent 84.5% of the total installed capacity) use natural gas, the main commercial primary energy source with limited national reserves [2]. In this situation solar energy may be the sources of an alternative energy generation system. The location of Bangladesh is ideal for tapping solar energy effectively. Daily solar irradiation intensity varies from 3 to 6.5kW/m<sup>2</sup>, with a maximum during March-April and a minimum in December-January [3], [4]. More than 65,000 solar home systems are now being installed every month and about 3.5 million SHSs have already been installed which provides solar electricity around 09% of the total population of Bangladesh [5]. Though there is a vast demand of solar cell but no technology developed to fabricate solar cell in our country as a result the whole cells are imported from abroad. For the first time in Bangladesh we fabricate mono-crystalline silicon solar cell. There is a large variety of solar cell structures proposed with various types of materials, of which p-type Si solar cell has been one of the most popular and widely used in commercial production [6]. The

rapid fall in module prices leads researchers to intensify their research on efficiency improvement of solar cells and to further reduce the costs of the fabrication process [7]. For mono-crystalline silicon solar cell fabrication, phosphorous diffusion technique is the most widely used technique for photovoltaic industry [8]. The fabrication process of our Si solar cell starts with a 200 $\mu$ m thick p-type silicon wafer using a diffusion technique with phosphorus oxy-chloride (POCl<sub>3</sub>) gas source and metallization with screen printer. The efficiency of first fabricated mono-crystalline silicon solar cell was very low (0.8 %) but optimizing the instrument setup, develop some new technique and increase the skill of researcher we finally achieved 7% efficiency.

#### PRINCIPLE OF SOLAR CELL

Silicon solar cells consist of two essential steps. First, absorption of light generates an electron hole pair; second the electron and hole are then separated by the structure of the device electrons to the negative terminal and holes to the positive terminal thus generating electrical power [9]. Thus solar cell is an electronic device that produces electricity by directly converting energy from sunlight [10]. In order to construct a solar cell a p-n junction needs to be formed inside a semi-conducting material. The p-n junction makes a barrier which is known as the depletion region with a minor current and a very small amount of voltage (generally 0.1-0.3V) [11]. These small amounts of voltage create electric fields which play the vital role of solar cell operation. When sunlight is absorbed by the solar cell, as shown in Fig. 1, it will dislodge an electron, creating an extra mobile electron and extra mobile hole [12]. The electric field, created by the p-n junction, makes the electron flow to the N-type region and the hole flow to the P-type region. This is known as photo-generation of charge carrier and occurs throughout the N-type and P-type region. The resulting separation of negative and positive charges across the junction is called a potential difference or voltage.

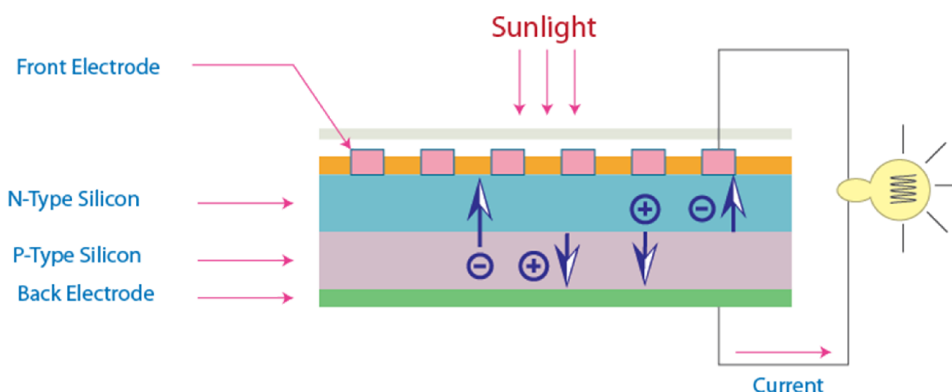


Fig.1. Solar Cell Operation

Connecting the solar cell to an external circuit allows electrons and holes to travel round and recombine, resulting the system to its starting condition. The charges driven round the circuit from an electric current and do useful work such as lighting a bulb or one can store this charge into a battery for further use.

## 2 FABRICATION PROCESS OF SILICON SOLAR CELL

The majority of silicon solar cell production is currently based upon a very standardized process that is intended to make a p-n-electrical junction on the entire front surface of the wafer and a full-area aluminum-based metallization on the back [13]. The fabrication process of our Si solar cell starts with a 200 $\mu$ m thick p-type silicon wafer. The wafers generally have micrometer sized surface damages that need to be removed. Figure 2 shows the steps of our silicon solar cell fabrication process. After the saw damage removal, the wafer surface shows high optical reflectivity, for which the top surface was textured by chemical etching before emitter diffusion. After cleaning and texturing, the edge isolation was carried out, as otherwise the top and the bottom surfaces of the wafers remain electrically shorted.

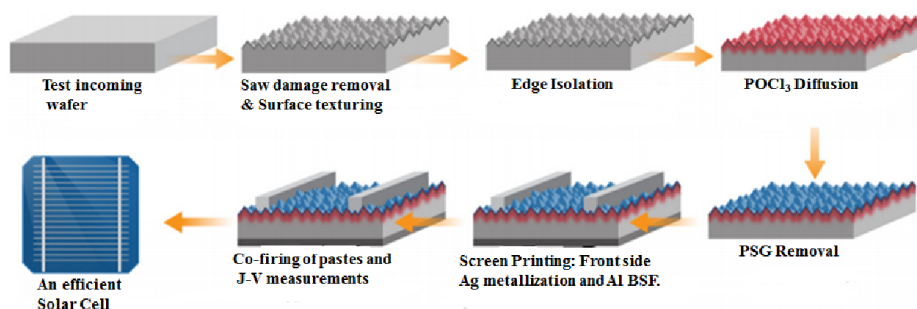


Fig.2. Steps of solar cell fabrication process.

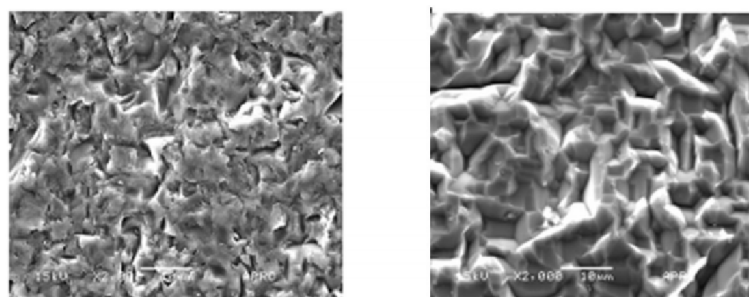
For a p-type silicon wafer, an n-type top layer acts as emitter. A thermal diffusion is commonly used for emitter diffusion [14]. After emitter diffusion, an electrical connection to the cell becomes necessary to operate the solar cell. Ag and Al metal electrodes were formed by using screen printing of silver and aluminum pastes and co-firing at a suitable temperature.

2.1 TEST INCOMING WAFER

First, because wafers are typically received from multiple supply sources, and because they can be damaged during sawing and shipping, all incoming wafers should be tested to ensure that they would provide a foundation for acceptable cell efficiencies [15]. Specifically, for the purposes of wafer metrology, measurements of the minority charge-carrier lifetimes would be quite informative [16]. With surface photo-voltage (SPV) measurement system by measuring of SPV as a function of wavelength, we calculate the minority carrier diffusion length and charge carrier lifetime. If the value is in acceptable limit then we accept the wafer to fabricate silicon solar cell.

2.2 SAW DAMAGE REMOVAL PROCESS

Saw damage removal process was done in wet chemical bench to remove the organic contaminants and to partially remove the micro-cracks from the silicon wafer surface that might compromise the wafer’s resilience to breakage during handling in cell processing. The surface damages to the wafers were removed through isotropic etching with a concentrated solution of NaOH in de-ionized water (DI-W). DI-W helps the NaOH to break in Na<sup>+</sup> and OH<sup>-</sup> ions in the solution. The 10% NaOH solution was made with 6 liter of DI water which was transferred to a clean beaker and then 600gm NaOH pellet was added to the beaker. After that the solution was heated and when it reached at 70°C temperature then dipped the silicon wafer into that solution for about 10 minutes for etching, which removes the surface damages. Figure 3 shows the Scanning Electron Microscope (SEM) image of saw damage surface wafer and saw damage removed and clean surface wafer. This cleans the wafer surface with an approximate silicon etching rate of 500nm/min [17].



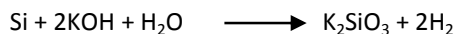
(a). Untreated surface (b). Saw damage removed surface

Fig.3. Comparison of SEM image of the (a) saw damaged wafer surface, unclean and (b) saw damage removed clean surface silicon wafer.

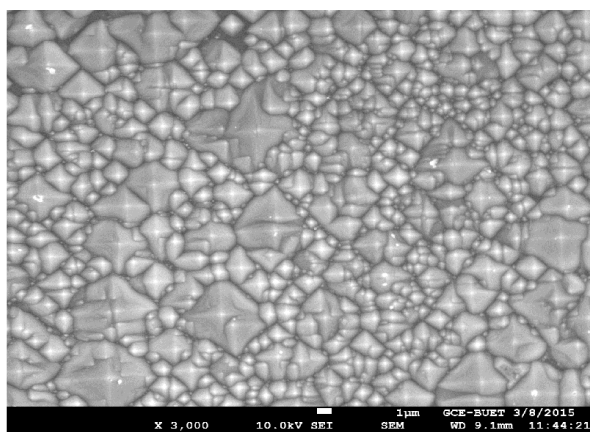
This saw damage removal step, etches out about 5 micro meter silicon from wafer surface. After that the wafers were rinsed in DI-W for 1 minute then dipped into the HF (02%) solution for 3 minute and finally again rinsed in DI-W for 1 minute.

### 2.3 SURFACE TEXTURING PROCESS

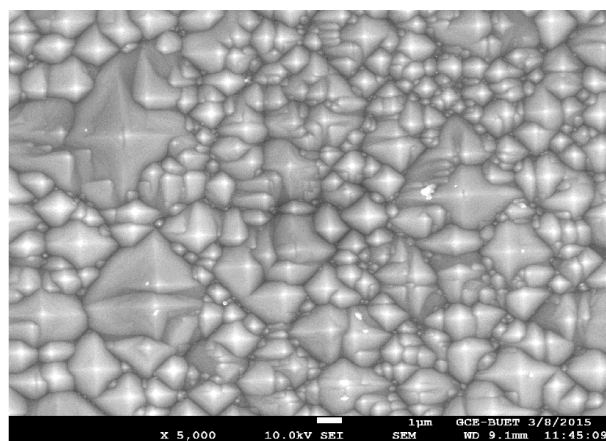
For this process, a wet bench chemical treatment was utilized to etch away between 5 and 15µm of silicon wafer from the top surface. The characteristics of the etching depend upon, time of etching, etching rate, temperature, components of the solution and its concentration. This is typically achieved by exposing the wafers to an aqueous solution of potassium hydroxide (KOH) with isopropyl alcohol (IPA) [15]. IPA enhances surface diffusion, so a rapid etching can take place in presence of IPA in the solution [18]. With the alkali metal only being a spectator ion, the etching reaction proceeds as follows [19]:



The potassium silicate (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) is soluble in water and thus silicon surface remains devoid of any deposition. For texturing process, we prepared a solution using the ratio of, KOH: IPA: H<sub>2</sub>O = 1 gram: 5 ml: 125 ml. Initially 6 liter of DI water was transferred to a clean beaker and then 48gm KOH pellet was added to the beaker. The solution was then heated and when it reached at 70°C temperature, we dipped the silicon wafer and added 240 ml of IPA into that solution. After 10 minutes the wafers were removed from the beaker and rinsed with DI-water then the hydrophobic process was repeated and finally the wafers were dried using the compressed air. The etch rate of this chemical reaction is different for different crystallographic orientations. The anisotropic etchants is expected to etch (110) plane at a faster rate than the (100) plane while the (111) plane etches at a slowest rate [20]. Due to these anisotropic differences in etch rates the originally flat wafer surface was etched into morphology of pyramids having a random distribution in size. Figure 4 shows the Scanning Electron Microscope (SEM) image of a textured wafer. Fortuitously, these pyramids can provide the foundation for front-surface light trapping [21].



(a). 3,000 times magnification



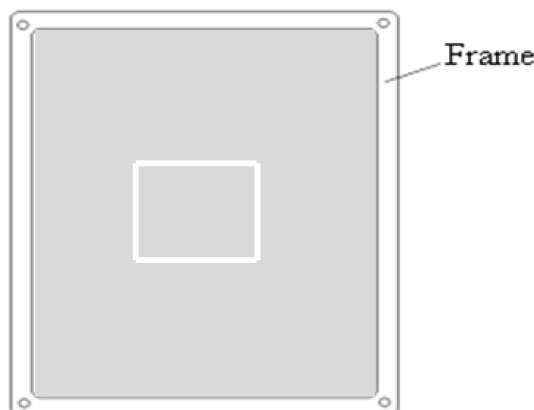
(b). 5,000 times magnification

Fig.4. SEM image of textured silicon wafer

At the conclusion of this wet bench chemical processing step the wafer is then ready for the formation of the topside p-n electrical junction.

### 2.4 EDGE ISOLATION PROCESS

The edge isolation was carried out after screen printing of acid barrier paste as a mask, by the reactive ion etching [22-23]. The purpose of the edge isolation treatment was to separate front side and back side, as otherwise the top and the bottom surfaces of the wafers remain electrically shorted. In our process back side of the wafer edge was masked using a screen printing machine and a diffusion barrier paste was used to isolate the edge. Figure 5 shows the designed screen which was used in our experiment.

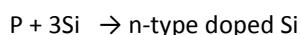
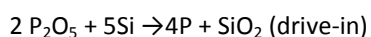
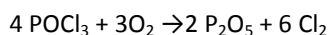
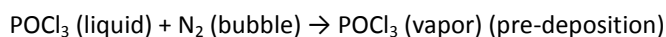


*Fig.5. Image of screen used for wafer edge isolation*

After the screen printing, the printed wafers were dried for 10 minutes in a preheated oven at 120°C.

## 2.5 PHOSPHORUS DIFFUSION PROCESS

The standard silicon solar cell is generally made with a boron doped (p-type) base wafer. For this p-type silicon substrate, an n-type top layer acts as emitter. A thermal diffusion is commonly used for emitter diffusion [14, 24]. The thermal diffusion of phosphorus is necessary to create an n-type emitter to the p-type wafer [25]. Phosphorus (P) diffusion is currently the primary method for emitter fabrication in silicon (Si) solar cell processing [26] [27]. Along with nitrogen (N<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>) gases, phosphorus oxy-chloride (POCl<sub>3</sub>), a liquid source of phosphorus, is also widely used in the standard diffusion process of solar cells [28], [29]. The diffusion depends on various factors, of which temperature and gaseous environment is most important [30]. In oxygen environment and at high temperature, phosphorus diffusion leads to formation of n+ type emitter at the top surface of the wafer. The diffusion was carried out in two stages, pre-deposition and drive-in [31], [32]. The formation of phosphorous-rich oxide films, phosphosilicate glass (PSG), on the silicon substrate carry out at pre-deposition stage and in drive-in stage, the phosphorous-rich oxide film acts as an infinite source for phosphorous diffusion into the Si substrate. The phosphorus atoms formed at the PSG-Si interface penetrate through the silicon wafer [27] and can be simplified with the following reaction equations:



For emitter diffusion we were used a quartz tube in a heated horizontal furnace, a diffusion furnace, and first the tube temperature was set to 600 °C. Once the temperature reached 600°C, the quartz boat containing the wafers were slowly moved into the middle of the diffusion chamber so that the wafers do not suffer large temperature gradients and warping. Then nitrogen gas was turned on and waits for 10 minutes and then increased the tube temperature from 600°C to 875 °C keeping the nitrogen gas on. After that, nitrogen gas was turned off and oxygen and POCl<sub>3</sub> (Phosphorus oxy chloride) were turned on simultaneously when the tube temperature reached at 875 °C and wait 10 minutes to activate the diffusion of phosphorous into the wafer. After 10 minutes of diffusion time oxygen and POCl<sub>3</sub> gas were turned off simultaneously and nitrogen gas was turned on and we have to allow the nitrogen gas to flow for 10 minutes in the quartz tube so that no other gas is present in the tube. After 10 minutes nitrogen gas was turned off and only oxygen gas was turned on for the next 10 minutes so that phosphorus atoms from the n+-type top layer diffuses deeper into the wafer, forming a deeper junction. Then the oxygen gas was turned off and nitrogen gas was allowed to flow for 10 minutes, finally the temperature of the chamber was reduced to 600 °C from 875 °C and during this stage nitrogen gas was kept turned on. Once the temperature of the chamber dropped to 600 °C, the nitrogen gas was turned off and the wafers were taken out for the next stages. Figure 6 shows the phosphorus doped silicon wafer.

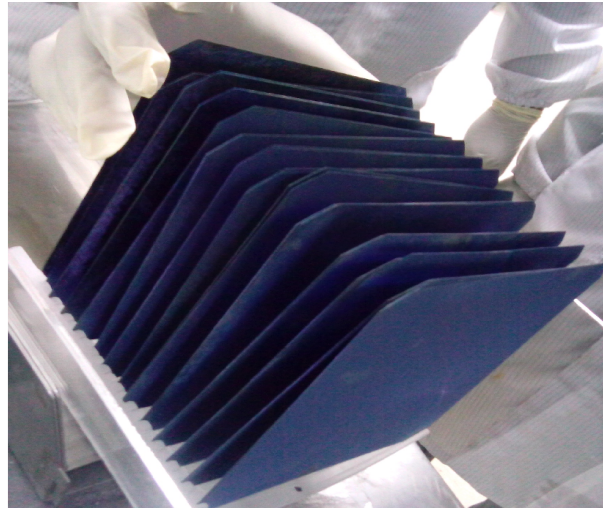


Fig.6. phosphorus doped silicon wafer.

## 2.6 PHOSPHOSILICATE GLASS (PSG) REMOVAL

In presence of oxygen, phosphosilicate glass (PSG) is formed at the 850°C temperature. Phosphosilicate glass or PSG is phosphorus doped silicon dioxide, a hard material layer formed at the top surface of Si wafer in the pre-deposition stage of diffusion process [25]. In the drive-in stage, a deeper junction was formed as phosphorus atoms from the PSG layer diffuse deeper, thus thicker emitter and a lower surface concentration of dopant was achieved. But a thin PSG layer was still present on top of the wafer after drive-in stage of diffusion. Due to this thin phosphosilicate glass (PSG) layer the top wafer surface becomes glassy and degrade blue response of solar cells. To remove the PSG layer we prepared a 10% hydrofluoric acid (HF) solution and then dipped the silicon wafer for one minute after that the wafer were rinsed with DI-water.

## 2.7 FRONT AND BACK SURFACE METALLIZATION PROCESS (SCREEN PRINTING)

To form electrical contacts on the front and back side of solar cell, metallization process was done using screen printing method. Screen-printing (SP) is cost effective, robust, simple, inexpensive, and fast method of metallization of the solar cells [33-34]. The screen printing of Ag and Al pastes for the formation of the front and rear electrical contacts has been in use by the silicon industrial community since the 1970s [35]. At the front surface the metallization creates electrical connection to thin n+ layer whereas at the back surface it provides an electrical connection and at the same time it creates a p+ layer. The solder paste that used in this work was Ferro FX53-038, aluminum type for rear surface while for the front surface, Ferro CN33-462, silver type was used. We use specific type screen mask to screen print of front and back side of solar cell. This screen is made up of an interwoven mesh kept at a high tension, with an organic emulsion layer defining the printing pattern. Figure 7 shows a microscopic image of the screen and the screen mask which was used for front side printing. An H-pattern screen that was mounted in an aluminum frame was then overlain on the front side of the cell and the metallization paste was squeegeed over the wafer surface with a screen printer.

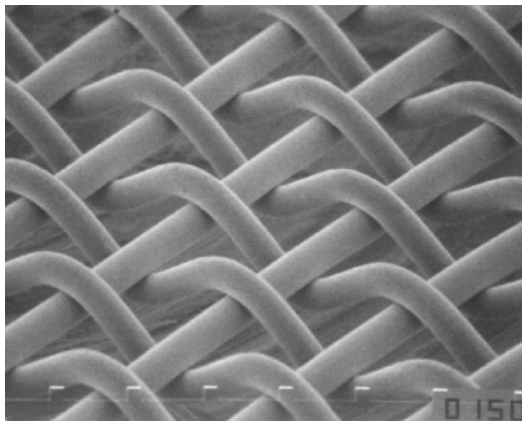
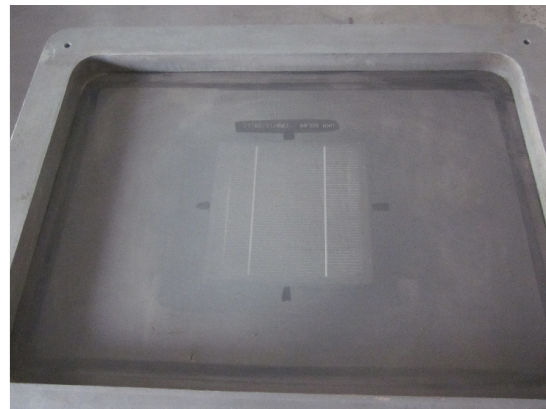


Fig.7. a) Microscopic image of the screen

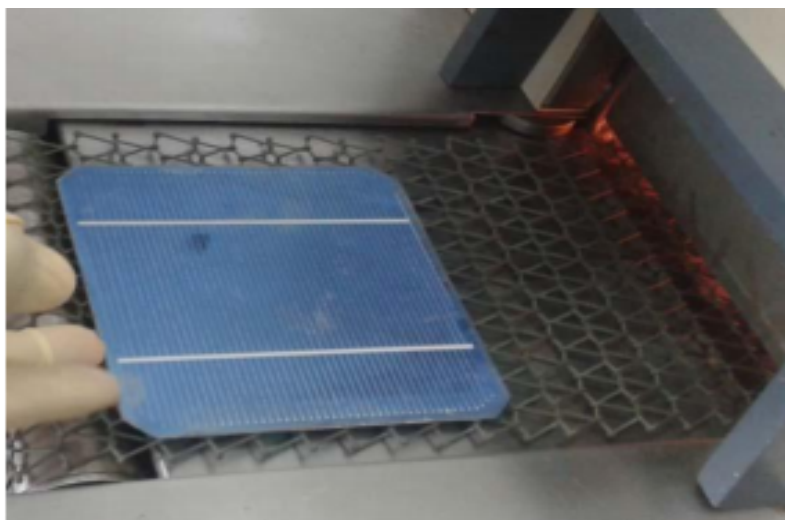


b) Image of front side printing mask.

After the front-side screen-printing, the wafers are moved into a low-temperature (200 °C) drying oven, and the wafer was then moved on to another screen printer for the rear side printing with Al paste.

## 2.8 CO-FIRING PROCESS

Following screen printing, high temperature process was used to cure contacts in order to form ohmic contacts. The rapid thermal annealing (RTA) furnace was used to cure or fire screen printed contacts on silicon solar cells. It is one of the most sensitive steps of the solar cell fabrication [25]. Rapid thermal annealing is important because it provides proper contact between the conductor and the semiconductor of solar cell. A three temperature zones and one cooling zone annealing furnace with conveyer belt system was used in our co-firing process. The wafers were passed inside the RTA furnace through a moving belt with speed 60 inch per minute and figure 8 shows the contact firing process of screen printed Si solar cell. While during the rapid thermal annealing process, the cell was then fired with the general temperature profile and in our experiment it was 500, 600 and 800 °C for three temperature zones respectively.



*Fig.8. Contact firing of solar cell with RTA furnace*

The first zone was the warming up zone so that the silicon wafer cannot experience a sudden temperature change. In the second and third zone the annealing take place while the last zone was cooling zone (before the wafers going out from the furnace). After contact firing the solar cell was then collect from the conveyer belt. Special heat protective gloves were used because all these things were done at very high temperature so safety has to be ensured.

## 2.9 CHARACTERIZATION (CURRENT-VOLTAGE MEASUREMENT)

After finishing a complete solar cell, some characterization tests were carried out. These tests show how efficient the solar cell was. The major characterization equipment was LIV tester with which it was possible to evaluate the performance of the cell and mainly to calculate the efficiency of the solar cell. The variables that also taken to consideration were the short circuit current (Isc), open circuit voltage (Voc), fill factor and cell power. The fabricated solar cell was tested under one-sun conditions using Xenon-arc lamps; a xenon spectrum is closest to sunlight [27]. Data acquisition based on programmable current-voltage source power supplies capable of handling currents up to 8A was used in conjunction with a proprietary data acquisition system. Calibration of this LIV measurements system was based on independently measured Si solar cells at Sandia National Laboratories. These LIV system was a user-friendly Lab View interface that capable of writing data, the LIV tester are shown in Figure 9, in ASCII format forms the basis of data acquisition.



Fig.9. LIV Measurement System

### 3 RESULT AND DISCUSSION

In our fabrication process we were used 200 $\mu$ m thick p-type silicon wafer but thin silicon wafer was more economical because it consumes less Si material, and results in more efficient solar cell because of higher built in field. Cost of silicon was one of the major expenses in Si solar cell production and thus with less consumption of semiconductor mass in the form of thinner wafer, the cost of production can be significantly reduced.

Now-a-days it is seen that ‘Spin on Dopant’ method is cheaper than diffusion from a POCl<sub>3</sub> source. In this process liquid dopant solution is applied to the wafer and the wafer is spun at high speed to produce a thin film source. But the main advantage of phosphorus diffusion technology was the self-governing control of the pre-deposition and the drive-in, due to which the surface source can more easily be made finite. Thus, a greater control of the surface concentration of phosphorus diffused emitters was achieved.

Resistance of screen printed front electrode provides additional element to the series resistance. Each electrode creates a shadow to the cell that reduces total number of electron-hole pair generation under constant illumination. Thus, although decreasing the spacing among the electrodes help reducing series resistance, yet shadow effect leads to reduced total number of electron-hole pair generation. For this, a finger with good conducting material and a high aspect ratio is preferable and only the 10% of total surface was covered with finger. The temperature profile during the rapid thermal annealing process is also influence the results of the produced cells so it was set very carefully.

After fabrication process, the completed solar cells were then tested using the Light I-V (Light-Current-Voltage) tester to evaluate the performance of the cell and mainly to calculate the efficiency of the solar cell. Figure 10 shows the output of LIV measurement system.

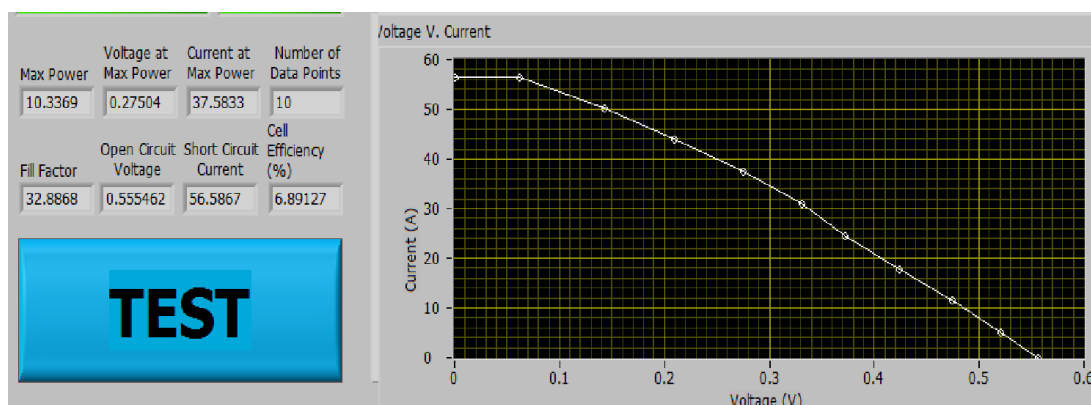


Fig.10. Measured LIV data

We have found the following results of our fabricated silicon solar cell which are, Maximum power was 10.3369W, Voltage at maximum power was 0.27504V, Current at maximum power was 37.5833mA, Open circuit voltage was 0.555462V, Short circuit current was 56.5867mA, Fill factor was 32.8868 and Efficiency was 6.89%.

#### 4 CONCLUSION

The fabrication process of our Si solar cell starts with a 200 $\mu$ m thick p-type silicon wafer using a diffusion technique with phosphorus oxy-chloride (POCl<sub>3</sub>) gas source and metallization with screen printer. The efficiency of our fabricated solar cell is about 7% which is quite low as compared to the commercially available solar cell in the market. But with this laboratory facility now it is possible to fabricate silicon based crystalline solar cell and to characterize local and imported fabricated cell which is a great technological progress for us in the field of solar energy. The efficiency of fabricated solar cell depends on various parameter, for instance cleaning and texturing process, optimum flow rate for POCl<sub>3</sub> and fixing the different temperature zones of RTA process is achieved which can significantly enhance the solar cell efficiency. Our main objective to develop the existing technology and innovate some new technology to fabricate cost effective high efficiency silicon solar cell that will help to solve our power crisis as well as improve our socio-economic condition in a great deal.

#### REFERENCES

- [1] A. H. Mondal, W. Boie and M. Denich, "Future Demand Scenarios of Bangladesh Power Sector," *Energy Policy*, vol. 38, pp. 7416-7426, 2010.
- [2] A.K. Hossain and O. Badr, "Prospects of Renewable Energy Utilisation for Electricity Generation in Bangladesh," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 11, pp. 1617-1649, 2007.
- [3] K. Anam and H.A. Bustam, "Power Crisis & Its Solution through Renewable Energy in Bangladesh," *Journal of Renewable and Sustainable Energy (JRSE)*, pp. 13-18, 2011.
- [4] F. Shariar, E.G. Ovy and K.T.A. Hossainy, "Closed Environment Design of Solar Collector Trough is Using Lenssand Reflectors," *World Renewable Energy Congress 2011-Solar Thermal Application*, pp. 3852-3858, 2011.
- [5] Annual Report of IDCOL, Bangladesh, 2014.
- [6] R. B. Von, "The Commercial Status of the PV Industry in 2004 Identifying Important and Unimportant Factors," *Proc. of 14th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells and Modules*, NREL/CP-520-36681, Winter Park, Colorado, 2004.
- [7] A. Weeber et al, *Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 891, 2009.
- [8] D.H. Neuhaus and A. Munzer, "Review Article- Industrial Silicon Wafer Solar Cells," *Advances in Optoelectronics*, pp. 1155-1170, 2007.
- [9] A. McEvoy, T. Markqvart and L. Castañer, *Practical Handbook of Photovoltaics, fundamental and applications*, 225, Wyman street, Waltham, MA02451, USA.; 2012.
- [10] Photovoltaic Education, Available; <http://www.peducation.org>, (July 2, 2015).
- [11] M. S. Islam, M. R. Hasan, F. Mohammadi, A. Majumdar and A. Ahmad, "Study of Cost-Effective Crystalline Type Solar Panels and Solar Cells Manufacturing Practices in Bangladesh" *Proceedings of the 6th International Mechanical Engineering Conference & 14th Annual Paper Meet (GIMEC&14APM)*, pp. 57-64, 2012.
- [12] Wikipedia, Available; <http://en.wikipedia.org>, (July 2, 2015).
- [13] J. F. Nijs, J. Szlufcik, J. Poortmans, S. Sivoththaman and R. P. Mertens, "Advanced Manufacturing Concepts for Crystalline Silicon Solar Cells," *IEEE Transaction on Electron Devices*, vol. 46, pp. 948-969. 1999.
- [14] A. Mrwa, G. Ebest, M. Rennau and A. Beyer, "Comparison of Different Emitter Diffusion Methods for MINP Solar Cells: Thermal Diffusion and RTP," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 61no. 2, pp. 127-134, 2000.
- [15] A. Goodrich, P. Hacke, Q. Wang, B. Sopori, R. Margolis, T. L. James and M. A. Woodhouse, "Wafer-based Monocrystalline Silicon Photovoltaics Road Map: Utilizing Known Technology Improvement Opportunities for Further Reductions Inmanufacturing Costs," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 114, pp. 110-135, 2013.
- [16] R.A. Sinton and A. Cuevas, "Contactless Determination of Current-Voltage Characteristics and Minority Carrier Lifetimes in Semiconductors from Quasi-steady-state Photoconductance Data," *Applied Physics Letters*, vol. 69, pp. 2510-2512, 1996.
- [17] E. Vazsonyi, C. Ducso and A. Pekker, "Characterization of the Anisotropic Etching of Silicon in Two-Component Alkaline Solution," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, vol. 17, pp. 1916-1922, 2007.
- [18] I. Zubel, "Silicon Anisotropic Etching in Alkaline Solutions III: On the Possibility of Spatial Structures Forming in the Course of Si(100) Anisotropic Etching in KOH and KOH + IPA Solutions," *Sensors and Actuators*, vol. 84, pp. 116-125, 2000.

- [19] J.N. Ximello-Quiebras, J. Junge, S. Seren, G. Hahn and E. Epple, "Solutions Used in the Texturization of Mono-crystalline Silicon," *Photovoltaic International*, pp. 68-74, 2011.
- [20] E. Vazsonyi, Z. Vertesy, A. Toth and J. Szlufcik, "Anisotropic Etching of Silicon in a Two-Component Alkaline Solution," *Journal of Micromechanics and Micro-engineering*, vol. 13, pp. 165-169, 2003.
- [21] D.L. King and M.E. Buck, "Experimental Optimization of an Anisotropic Etching Process for Random Texturization of Silicon Solar Cells," *Proceedings of the IEEE PVSC*, pp. 303–308, 1991.
- [22] J. Arumughan, T. Pernau, A. Hauser and I. Melnyk, "Simplified Edge Isolation of Buried Contact Solar Cells," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 87, pp. 705-714, 2005.
- [23] H. Jansen, H. Gardeniers, M. de Boer, M. Elwenspoek and J. Fluitman, "A Survey on the Reactive Ion Etching of Silicon in Microtechnology," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, vol., 6, pp. 14-28, 1996.
- [24] M. M. Hilali, A. Rohatgi and S. Asher, "Development of Screen-Printed Silicon Solar Cells with High Fill Factors on 100 Ohm/sq. Emitters," *IEEE Transaction on Electron Devices*, vol. 51, pp. 948-955, 2004.
- [25] Ilgu Yun, *Photodiodes from Fundamentals to Applications*, InTech pvt. Limited, ISBN 978-953-51-0895-5, 2012.
- [26] A. Bentzen, J.S. Christensen, B.G. Svensson and A. Holt, "Understanding Phosphorus Emitter Diffusion in Silicon Solar Cell Processing," *Proceedings of the 21th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, Germany, pp. 1388-1391, 2006.
- [27] J. Bultman, I. Cesar, B. Geerligs, Y. Komatsu and W. Sinke, "Methods of Emitter Formation for Crystalline Silicon Solar Cells," *Photovoltaics International*, vol. 8, pp. 69–80, 2010.
- [28] H. Nakaya, M. Nishida, Y. Takeda, S. Moriuchi, T. Tonegawa, T. Machida and T. Nuno, "Poly Crystalline Silicon Solar Cells with V-grooved Surface," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 34, pp. 219-225, 1994.
- [29] A. Rohatgi, Z. Chen, P. Sana, J. Crotty and J. Salami, "High Efficiency Multi-crystalline Silicon Solar Cells," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 34, pp. 227-236, 1994.
- [30] G. Masetti, S. Solmi and G. Soncini, "On Phosphorus Diffusion in Silicon under Oxidizing Atmospheres," *Solid-State Electronics*, vol. 16, pp. 419-421, 1973.
- [31] D. Kumar, S. Saravanan and P. Suratkar, "Effect of Oxygen Ambient During Phosphorous Diffusion on Silicon Solar Cell," *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 4, pp. 033105-033113, 2012.
- [32] M. Popadic, L. K. Nanver and T. L. M. Scholtes, "Ultra-Shallow Dopant Diffusion from Pre-Deposited RPCVD Monolayers of Arsenic and Phosphorus," *15th International Conference on Advanced Thermal Processing of Semiconductors*, pp. 95-100, 2007.
- [33] T. Kwon, S. Kim, D. Kyung, W. Jung, S. Kim, Y. Lee, Y. Kim, K. Jang, S. Jung, M. Shin and J. Yi, "The Effect of Firing Temperature Profiles for the High Efficiency of Crystalline Si Solar Cells" *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 94, pp. 823-829, 2010.
- [34] J. H. Kwon, S. H. Lee, B. K. Ju, "Screen-Printed Multi Crystalline Silicon Solar Cells with Porous Silicon Antireflective Layer Formed by Electrochemical Etching," *Journal of Applied Physics*, vol. 101, pp. 104515-104519, 2007.
- [35] E.L. Ralph, "Recent Advancements in Low Cost Solar Cell Processing," *Proceedings of the IEEE PVSC*, pp. 315-316, 1975.

## Première récolte de *Montagnea arenaria* (D. C.) Zeller, Basidiomycète coprinoïde, sécotioïde dans les sables de la région de Kénitra (Maroc)

Ali OUTCOUMIT, Amina OUAZZANI TOUHAMI, Mohamed KHOUADER, Rachid BENKIRANE, and Allal DOUIRA

Laboratoire de Botanique, de Biotechnologie et de Protection des Plantes, Faculté des Sciences, Université IbnTofaïl, BP. 133, Kénitra, 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:** *Montagnea arenaria* (DC) Zeller is a secotioïde Basidiomycetes, coprinoïde how is adapted for arid and desert environments is collected for the first time in the cork oak forest of Mamora (Kenitra region in the north west of Morocco). In this work, the collected specimens are described, taxonomy and ecology of *M. arenaria* (DC) are also discussed.

**KEYWORDS:** *Montagnea arenaria* (DC) Zeller, secotioïde, Basidiomycetes, coprinoïde.

**RESUME:** *Montagnea arenaria* (D.C.) Zeller est un Basidiomycète sécotioïde, coprinoïde, adapté aux environnements arides et désertiques, est récolté pour la première fois dans la subéraie de la Mamora (région de Kenitra située au Nord ouest du Maroc). Dans ce travail, les spécimens récoltés sont décrits, la taxonomie et l'écologie de *M. arenaria* (D. C.) sont également discutées.

**MOTS-CLEFS:** Sécotioïde, systématique, diversité, biotope, Maroc.

### 1 INTRODUCTION

Le genre *Montagnea* Fr comprend un ensemble d'espèces de champignons xérophytes, sécotioïdes caractérisés par des fructifications à aspect *Agaricoïde*, avec le sommet du stipe élargi en un disque dur. A la marge de ce disque sont suspendues des lames noires radiales [1]. Les espèces de cet intéressant genre fructifient de préférence dans les déserts et les sables littoraux [2]. Leurs carpophores sont principalement charnus, coriaces et à aspect ligneux. Ces caractères constituent une adaptation à des conditions extrêmes de sécheresse [3].

Traditionnellement, le genre *Montagnea* a été classé dans les *Hymenogastreales* dans la classe des *Gasteromycetes*. Actuellement, il est transféré par les mycologues dans la famille des *Agaricaceae*, ordre des *Agaricales*. Dans le genre *Montagnea*, les basidiospores sont produites de façon orthotrope, c'est à dire que les spores sont symétriquement attachées aux stérigmates et sont libérés passivement de la baside. La libération passive des spores est un mécanisme typique aux champignons "Gasteroïdes" ([3], [2]). Chez les champignons *Agaricoïdes*, les spores sont attachées de manière asymétrique aux stérigmates et sont libérées activement ([3], [2]).

L'objectif de ce travail est d'étudier *Montagnea arenaria* (D. C.) Zeller, récoltée pour la première fois dans les sols sablonneux de la subéraie de la Mamora (région du Gharb). Les spécimens rencontrés, principalement en 2008 et 2009, sont décrits et la systématique et l'écologie du genre *Montagnea* et de l'espèce *Montagnea arenaria* (D.C.) Zeller sont discutées.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans l'objectif de contribuer à la détermination de la diversité des Macromycètes du Maroc, des prospections ont été effectuées dans des zones sablonneuses du Maroc parmi elles, les sables de la forêt de la Mamora qui fait partie du Maroc Atlantique Nord [4]. Dans cette zone, des spécimens de *Montagnea arenaria* ont été rencontrés

Sur le terrain, des renseignements relatifs à la nature du substrat, à la saison de l'apparition des basidiocarpes et aux conditions climatiques qui caractérisent les périodes de cette apparition sont notés.

Les caractères macroscopiques d'identification sont observés à l'œil nu et à l'aide d'une loupe à main et décrits. Ainsi, les dimensions des carpophores et de leurs parties anatomiques ont été mesurées. Les dimensions des basidiocarpes en cm sont déterminées selon leurs diamètres projetés sur un plan horizontal. Cette méthode consiste à exprimer les dimensions des basidiomes par le diamètre du cercle plus ou moins imparfait que dessine la partie la plus externe du pourtour du chapeau [5]. Egalement, l'aspect des basidiomes, la couleur du chapeau et de l'hyménophore, le type d'hyménophore, l'épaisseur et la consistance de la chair, les ornements des spécimens, leur odeur et leur saveur ont été déterminés. Les différents critères ont été étudiés sur des spécimens frais. Les renseignements recueillis sont notés *in situ* sur le carnet de récolte.

Au laboratoire, les observations des différentes parties des carpophores ont été approfondies à l'aide d'une loupe binoculaire.

La sporée a été obtenue par le dépôt des carpophores mûrs sur des feuilles de papier de couleurs différentes et sur des lames de verre. La détermination de la coloration naturelle des spores a été réalisée à partir de la sporée.

Des tests macrochimiques qui peuvent éventuellement donner des réactions colorées ont été effectués sur la chair. On a testé notamment l'action de NaOH (10 %), FeSO<sub>4</sub> (10 %) et HNO<sub>3</sub> (6%).

Les critères microscopiques d'identification de l'espèce ont été déterminés à partir des coupes microscopiques au niveau des structures anatomiques. Ainsi, des coupes au niveau du revêtement, de la chair et de l'hyménophore ont été réalisées et observées sous microscope. L'observation des spores et la détermination de leur dimension ont été réalisées à partir des spores de la sporée. A l'aide du bout d'une lame de rasoir ou d'une aiguille lancéolée, nous prélevons par raclage une pincée de spores de la sporée. Celle-ci est déposée dans une goutte d'eau ou de liquide de montage. Les dimensions des spores ont été établies pour 20 spores de la sporée et données en micromètres (µm). Les observations microscopiques ont été réalisées d'abord dans l'eau distillée puis dans le bleu coton, l'eau iodée, une solution aqueuse d'ammoniac (20%) et dans le rouge Congo ammoniacal (20 %).

Les dimensions des structures microscopiques ont été déterminées à l'aide d'un micromètre oculaire. Les grossissements utilisés sont 100, 400 et 600. La détermination de la forme des spores est obtenue à partir de l'utilisation du quotient sporique de [6].

Les critères macroscopiques et microscopiques du champignon ont été photographiés *in situ* et au laboratoire. L'étude systématique des espèces récoltées s'est basée sur l'habitat, l'écologie et sur les caractères macroscopiques des spécimens de chaque espèce. Les critères de détermination sont soigneusement notés. La détermination des espèces rencontrées a été réalisée grâce aux clés de détermination ([7], [8], [9], [10]).

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 DESCRIPTION

Récolte de février 2007 et de février 2008, la Mamora (Fig. 1 et 2).

Les basidiocarpes épars de *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller sont rencontrés dans une station à l'est de la ville de Kenitra. Ils se développent sur le sable nu ou presque. Les jeunes fructifications sont d'abord charnues, ovales hypogées ou semi hypogées et entourées du voile général. Avec le développement, le voile général s'ouvre laissant à la base du pied une volve persistante ; celle-ci peut être parfois perdue dans le substrat arénacé. Ensuite, le pied s'allonge et les basidiocarpes deviennent épigés et de forme garicoïde.

Le chapeau (5 - 6 cm de diamètre), est aplati, plan ou parfois convexe. Il est réduit à une calotte sèche sur laquelle sont suspendues de manière rayonnante les lames noires. Il est de couleur grisâtre et peut présenter parfois un umbo central. La marge piléique est striée et même parfois érodée. Les lames (0,2 à 0,5 mm de largeur) sont libres, rayonnantes et pendantes du chapeau. Elles sont sèches, persistantes et non déliquescentes. Les lames sont d'abord brun grisâtre puis noirâtres. Le

stipe (8 -12 X 0.5 – 1,5 cm) est égal ou parfois radicaire. Il est ligneux, coriace et central, droit ou recourbé. Le pied de couleur brune à brun jaunâtre pâle est muni de squames fins ou de fibrilles. La base du pied est entourée par une volve membraneuse, en forme de sac, épaisse et double. La volve peut disparaître dans le substrat.

Les basides (25- 50 X 10 – 15 µm) sont allongés et tétrasporiques. Les spores (12,5 - 15 × 6,25 - 7,5) sont elliptiques à paroi épaisse et munies d'un pore germinatif bien visible. Elles apparaissent sombres dans l'eau et dans KOH (5%).

### 3.2 DISCUSSION

Selon Kirk et al., [11], *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller 1943 est connue sous différents synonymes : *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller 1943 (Basionyme = *Agaricus arenarius* DC. 1815 = *Montagnites arenarius* (DC.) Morse 1948 = *Montagnites candollei* Fr. 1838 = *Montagnea candollei* (Fr.) Fr. 1854. C'est une espèce appartenant au règne *Fungi*, phylum *Basidiomycota*, sous phylum *Agaricomycotina*, classe *Agaricomycètes*, sous classe *Agaricomycetidae*, ordre *Agaricales*, famille *Agaricaceae* et genre *Montagnea*.

Le genre *Montagnea* a été créé par Fries en 1836 à l'honneur du mycologue français C. Montagne qui lui avait initialement transmis la matière sèche qui a servi de base à la description générique. Ce genre *Montagnea* est principalement caractérisé par son apparence agaricoïde, le sommet du stipe est élargi en disque, à la marge duquel sont accrochées les lames noires et rayonnantes. *Montagnea* Fr. renferme des espèces sécotioides adaptées aux régions arides et désertiques ([12], [13]). Selon les auteurs, le nombre d'espèces constituant le genre *Montagnea* est variable. Ainsi, par exemple, selon Kirk et al. [14], il existe cinq espèces dans le genre *Montagnea* Fr.. Tandis que pour Chen [3], il ne s'agit que d'une seule espèce hyper-variable. Cette variabilité pourrait être due selon l'auteur aux différences géographiques des localités où *M. arenaria* se rencontre. En effet, Chen [3] a montré qu'il existe une variation considérable dans les séquences d'ADNr (ITS) de 24 isolats issus d'individus de régions différentes et qui présentent des différences morphologiques. Il est probable que *M. arenaria* soit une espèce polymorphe. Dans la dixième édition de Dictionary of Fungi [11], le genre *Montagnea* Fr. comporte neuf taxons : *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller 1943, *M. arenaria* var. *arenaria* (DC.) Zeller 1943, *M. arenaria* var. *macrospora* D.A. Reid & Eicker 1991; *M. argentina* (Fr.) Fr. 1854 ; *M. delilei* (Fr.) Fr. 1854, *M. haussknechtii* Rabenh. 1870; *M. radiosa* (Pall.) Šebek 1954; *M. spegazzinii* Raitheh. 1990 et *M. tenuis* (Pat.) Teng. 1964.

Les espèces du genre *Montagnea* Fr. sont distribuées à travers le monde. Elles sont rencontrées en Europe dans les sables du littoral de la méditerranée au printemps et en été, après les fortes pluies [15]. Elles se rencontrent également en Afrique, en Australie, en Amérique du Nord, au Brésil au Chili ([15]; [16], [17]; [18]; [19]). Au Maroc, sous ses anciennes dénominations (*Montagnites candollei* Fr. 1914 et *Montagnites candollei* Speg. 1914), *M. arenaria* (D.C.) Zeller a été signalée auparavant respectivement par Maire et Werner [20] dans les sables du littoral et de l'intérieur de la région de Tanger et également par Malençon et Bertault, cités par El -Assfoury et al. [21] dans la région de Rabat, sans aucune précision concernant la nature du substrat de cette dernière station. Le genre *Montagnea* et l'espèce *M. arenaria* sont nouveaux pour la région de la Mamora. Cependant, nous pensons, vu, les caractéristiques climatiques du Maroc (climat méditerranéen caractérisé par d'importantes régions avec des périodes sèches et des dunes de sable aussi bien dans les régions côtières que dans le sud et l'est du pays), que l'aire de répartition de cette rare espèce serait plus importante et plus vaste. La rareté des récoltes de *M. arenaria* au Maroc serait due probablement à l'insuffisance des études dans les régions où l'espèce pourrait théoriquement être rencontrée.

Historiquement, plusieurs controverses sont notées en ce qui concerne la position systématique du genre *Montagnea*. En effet, sur la base des critères morpho-anatomique le genre *Montagnea* était classé dans différents familles et ordres de *Gasteromycètes*. Nous citons par exemple sa position dans la famille *Secotiaceae*, ordre *Hymenogastrales* famille des *Hymenogastraceae*, ([16]; [22]). D'après Malençon [23], Le genre *Montagnites* appartient à la série des *Coprinogastraceae*, groupe *Endogastrineae* qui lui-même appartient aux *Plectobasidiaceae*, Pour Malençon [23], les *Agaricales* se poursuivent en forme gymnocarpes, pseudo gymnocarpes et héli-angiocarpes avec de place en place des rameaux infléchis vers l'angiocarpie. Ainsi, d'après l'auteur, les *Agaricales* mélanosporés passent au *Montagnites* et au *Gyrophragmium*. Dans cet ensemble évolutif, se retrouve l'hyménium initial commun et avec lui l'hyménophore qui le porte et qui demeure partout le tissu morphogène et basidifère qui caractérise l'immense groupe des hyménomycètes. Malençon [23], en se basant sur la gymnocarpie initiale, a supposé que les « Gastérales » se subdivisent en *Exogastrineae* et *Endogastrineae*. Les *Exogastrineae* auxquels appartient *Montagnites*, regroupent tous les angiocarpes dérivés des *Hymenomycètes* et l'auteur avait précisé que ce groupe, bien qu'homogène par son embryologie, est hétérogène de point de vue phylétique puisqu'il reflète l'hétérogénéité parentale des différents phylums dont sont issus ses représentants. Les *Endogastrineae* regroupent tous les *Plectobasidiés* et leurs dérivés hyméno-loculés. L'hétérogénéité phylogénétique que Malençon [23] a signalé pourrait être actuellement admise puisque les données de la biologie moléculaire, notamment, les travaux de Vellinga [24] ont permis le rapprochement entre *M. arenaria*, *Coprinus comatus* et même *Lepiota cristata*. Ces espèces, bien qu'elles appartiennent aux

Agaricales, sont considérées auparavant comme très éloignées. Notamment le cas de *Lepiota cristata* qui est un agaric leucosporé contrairement aux deux autres taxons qui sont mélanosporés.

Depuis déjà les années cinquante du siècle dernier, certains Mycologues [25] ont transféré le genre *Montagnea* des *Gasteromycetes* aux *Agaricales*. Ainsi, pour ces deux auteurs *Montagnea* appartient aux *Agaricaceae* mélanosporés, ordre *Agaricales*. Les espèces de cette famille sont caractérisées par des lames non déliquescentes et exposées en haut du chapeau, le voile reste à la base du pied constituant une sorte de volve et des spores sombres ou noires sans reflets violacés. Singer [26] s'est basé sur *Montagnea* comme genre type sur lequel il a établi la famille *Montagneaceae* (*Gasteromycètes*). Toutefois, Singer [27] a signalé les affinités entre *Montagneaceae* et *Coprinaceae* et que le Genre *Montagnea* est relié quelques part au genre *Coprinus* (*Agaricales*). Mais pour l'auteur, il n'y a aucun doute que *Montagnea* Fr. est un *Gastéromycète*. Loquin [28] a également adopté la classification de Singer [26] et a placé *Montagnea* Fr. dans la famille *Montagneaceae*, ordre *Montagneales* (*Gasteromycètes*). Moser [29] avait transféré *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller vers la famille des *Coprinaceae*. Selon Dring [30], *Montagnea* et *Gyrophragmium* toutes comme *Podaxis* constituent des genres appartenant aux *Podaxaceae* qui appartiennent aux *Agaricales*. Courtecuisse et Duhem [10] ont classé la famille *Montagneaceae* constituée d'espèces agaricoïdes lamellées à spores noirâtres de type statimorphe, parmi les groupes de transition entre *Agaricomycetideae* et *Gasteromycetideae*. Les deux derniers auteurs ont également noté le rapprochement entre *Montagneaceae* et *Coprinaceae*.

Par ailleurs, et sur la base de la biologie moléculaire, de nombreux systémiciens ont confirmé la relation étroite entre *M. arenaria* et *Coprinus comatus* et ont transféré *M. arenaria* (DC.) Zeller vers les *Agaricales*. Ainsi, en 1999, les études de l'analyse de l'ADN menées par Hopple et Vilgalys [31] ont montré qu'il existe des relations paraphylétique entre des espèces du genre *Coprinus* et *M. arenaria* (DC.) Zeller. De même, Hopple et Vilgalys [32], Hibbett et Binder [33], Vellinga [24] et Padamsee et al. [34] ont classé *Montagnea arenaria* (Fr.) Zeller dans le même clade que *Coprinus comatus*. Les deux espèces sont classées par ces auteurs dans le genre *Coprinus*, famille *Agaricaceae* et ordre des *Agaricales*. Cette position systématique est adoptée maintenant par Kirk et al. [11] dans *Dictionary of the Fungi*.

Nous avons récolté *M. arenaria* pour la première fois en mars 2007 et à une année d'intervalle en 2008 dans les clairières sablonneuses de la Mamora à l'est de la ville de Kenitra. L'espèce se développe sur le substrat sablonneux des clairières. Sur le terrain, de loin et à première vue, les spécimens très épars apparaissent comme des vieux spécimens de *Coprinus comatus* desséchés par le soleil et à la fin de leur cycle de développement. Les basidiocarpes présentent une forme de calotte brune au sommet des lames noires retroussées. De près, les différences commencent à apparaître : le pied est brun et aucune trace de déliquescence qui caractérise généralement les coprins n'est pas perceptible.

*M. arenaria*, avec d'autres espèces (*Battarrea phalloides* et *Gyrophragmium dunalii*, etc.), comptent parmi les espèces ligneuses adaptées aux biotopes xériques et aux déserts [13].

*M. arenaria* (D. C.) Zeller est une espèce saprophyte terrestre adaptée aux environnements arides [12]. Elle est souvent considérée comme espèce rare et protégée dans plusieurs pays européens ([35], [36]).

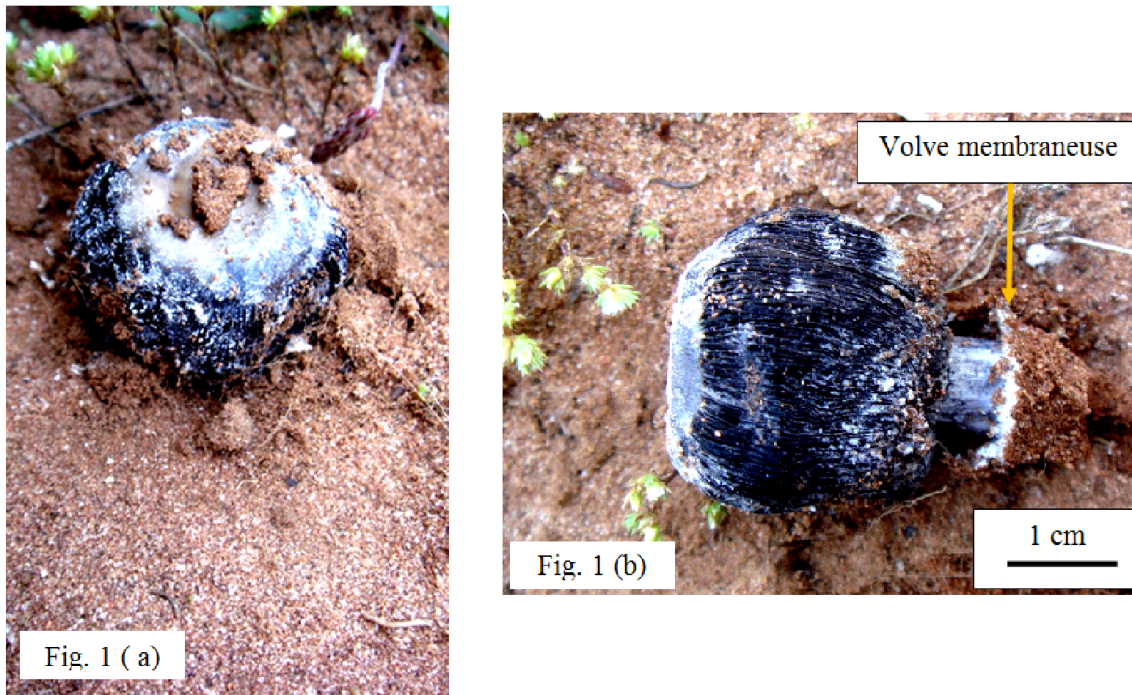


Fig. 1. - *Montagnea arenaria* (DC.)Zeller : jeune spécimen émergeant du sable (a); hyménophore constitué de lames noires suspendus au chapeau et volve ovoïde.

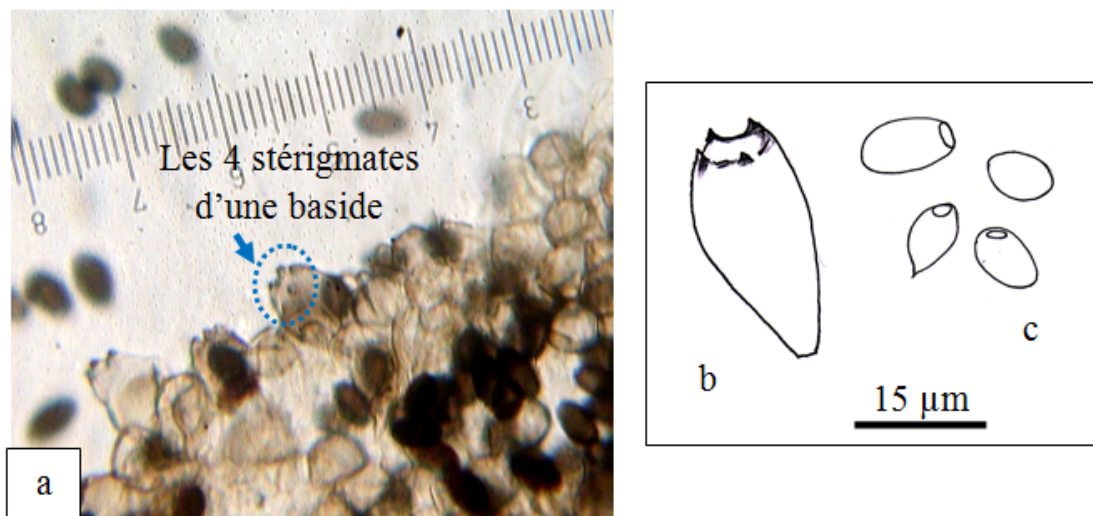


Fig. 2. Basides tétrastérigmates et tétrasporiques et spores à large pore germinatif (a, b et c) (observations dans l'eau x 600).

#### 4 CONCLUSION

*M. arenaria* (D. C.) Zeller, espèce arénacée et rare, est rencontrée pour la première fois dans les sables de la région de Kénitra (Maroc). C'est une espèce sécotioïde coprinoïde. Antérieurement rangée parmi les Gasteromycètes, elle est actuellement transférée vers le genre *Coprinus* (Agaricaceae). *M. arenaria*, compte parmi les espèces pionnières qui sont adaptées aux biotopes hostiles et xériques.

Dans cette étude, nous avons décrits *M. arenaria* rencontrée dans la Mamora et discuté la systématique et l'écologie de ce Basidiomycète sécotioïde.

La diversité des Macromycètes Basidiomycètes de La région de la Mamora s'enrichit par la découverte de cette espèce dans les clairières sablonneuses de *Quercus suber*.

## REFERENCES

- [1] Baseia I. G. et Milanez A. I., 2002. *Montagnea haussknechtii* Rab. (Podaxales), a rare agaricoid fungus: First record from Brazil. Acta. Bot. Bras., 16 (3): 311 – 316.
- [2] Stasińska M. et Prajs B., 2002.- New record of *Montagnea arenaria* (Fungi, Agaricales) and its distribution in Poland. Polish Botanical Journal, 47: (2): 211-213.
- [3] Chen Ch., 1999. - Genetical and molecular systematic study on the genus *Montagnea* Fr., a desert adapted Gasteromycete. M. Sc. Thesis Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 74 p.
- [4] Driouech F. 2010. Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique : descente d'échelle et incertitudes. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 164 p.
- [5] Jossierand M., 1983. - La description des champignons supérieurs. Encyclopédie mycologique XXXVII. Paris, P. Lechevalier, 400 p.
- [6] Bas C., 1969. Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph on its section *Lepidella*. Persoonia, 5 (4) : 285-588.
- [7] Heim R., 1957. Les champignons d'Europe. Tome II. Partie descriptive: Basidiomycètes. Ed. N. Boubée et Cie. Paris (VI), 570 p.
- [8] Kühner R, Romagnesi H. 1984. Flore Analytique des Champignons Supérieurs (Agarics, Bolets, Chanterelles) (1ère éd, 4ème tirage). Masson: Paris; New York; Mexico; Sao Paulo; 556.
- [9] Kühner R. et Romagnési H., 1984. - Flore analytique des Champignons supérieurs (Agarics, Bolets, Chanterelles) Première édition, quatrième tirage, Masson, Paris, New York, Mexico, Sao Paulo, 556 p.
- [10] Courtecuisse R. et Duhem D., 2000. Guide des Champignons de France et d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé. 476 p.
- [11] Kirk P. M., Ainsworth G. C., Cannon P. F. et Minter D. W., 2008. – Dictionary of The Fungi, Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi, 10<sup>ème</sup> édition. www.cabi.org.
- [12] Nieves-Rivera A.M. et Aime M. C., 2006. *Montagnea arenaria* (Agaricaceae, Basidiomycota), a New Record for Puerto Rico. Caribbean Journal of Science, 42. (2): 244-246.
- [13] Norvell L. L., Ammirati J. F. Redhead S. A., 2008. Woody desert puffballs of the Pacific Northwest 1: *Chlamydopus meyenianus*, North American Fungi, 3(7): 127–138 [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- [14] Kirk P. M., Cannon J. C. et Stalpers J. A., 2001. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. Ninth Edition. CAB International. 655 p.
- [15] Bigerard R. et Guillemain H., 1909. – Flore des champignons supérieurs de France, les plus importants à connaître (comestibles et vénéneux). Charlon –Sur- Saone, E. Bertrand – Editeur, 600 p.
- [16] Bessey E. A., 1952. Morphology and Taxonomy of Fungi. Constable and Compagny limited, London, W. C. 2, 791 p.
- [17] Wicklow-Howard M. C. et Kaltenecker J., 1994. Fungi from the Owyhee region of Southern Idaho and Eastern Oregon. Prepared for: Eastside Ecosystem Management Project. Boise State University, Boise, Idaho, 76 p.
- [18] Bates S. T., 2006. A preliminary Checklist of Arizona Macrofungi. Canotia, 2(2): 47-78.
- [19] Lorca H. M. et Munôz M., 2006. - Primer registro de *Montagnea arenaria* (D.C.) Zeller (Agaricales) en Chile. Rev. Iberoam Micol. , 23) (2) : 113-115.
- [20] Maire R. et Werner R. G., 1937. Fungi Marocani Catalogue raisonné des Champignons connus jusqu'ici au Maroc. Mémoires de la Société des Sciences Naturelles, Empire Chérifien, Rabat, Paris, Londres, 142 p.
- [21] El-Assfoury A., Ouazzani Touhami A., Zidane L., Fennane M. et Douira A., 2003. - Inventaire des spécimens fongiques de l'Herbier national de l'Institut Scientifique de Rabat. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 25, 1-23.
- [22] Romagnesi H. 1995. Atlas des champignons d'Europe. Ed. Bordas, Paris, 290 p.
- [23] Malençon G., 1955. Le développement du *Torrendia pulchella* Bres. et son importance morphogénétique. Revue de Mycologie, 20 :81-127.
- [24] Vellinga E. C., 2004. - Genera in the family Agaricaceae: evidence from nrITS and nrLSU sequences. Mycol. Res., 108 (4): 354–377.
- [25] Clements F. E. et Shear C. L., 1954 - The genera of fungi. Ed. Hafner publishing Co., New York, 496 p.
- [26] Singer R., 1976. Amparionaceae and Montagneaceae. Revue de Mycologie, 40 : 59-64.
- [27] Singer R., 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy. 4th edn. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, 981 p.
- [28] Loquin M., 1984. – mycologie générale et structurale, Masson, Paris, new York, Barcelone, Milan, Mexico, Sao Paulo, 551 p.
- [29] Moser, M. 1983. Keys to Agarics and Boleti (*Polyporales*, *Boletales*, *Agaricales*, *Russulales*). Roger Phillips, London, UK., 535 p.

- [30] **Dring, D. M., 1973.** Gasteromycetes. In: Ainsworth, G. C., Sparrow, F. K. & Sussman, A. S. The Fungi – an advanced treatise, p. 451-478.
- [31] **Hopple J. S. Jr. and Vilgalys, R., 1994.** Phylogenetic relationships among coprinoid taxa and allies based on data from restriction site mapping of nuclear rDNA. *Mycologia*, 86. pp 96–107.
- [32] **Hopple. J. S. Jr and Vilgalys R., 1999.** Phylogenetic relationships in the mushroom Genus *Coprinus* and dark-spored allies based on sequence data from the nuclear gene coding for the large ribosomal subunit RNA: Divergent Domains, Outgroups, and Monophyly *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 13(1):1–19, 1999 Article ID mpev.1999.0634, available online at <http://www.idealibrary.com>
- [33] **Hibbett D. S. and Manfred Binder M., 2002.** Evolution of complex fruiting-body morphologies in Homobasidiomycetes, *Proceedings of The Royal Society, Biological Science*, B. 269: 1963-1969 8 p.
- [34] **Padamsee M., Matheny P. B., Dentinger B. T.M. et McLaughlin D. J., 2008.** The mushroom family Psathyrellaceae: Evidence for large-scale, polyphyly of the genus *Psathyrella*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46 : 415– 429.
- [35] **Fellner B., 2006.** Conservation of fungi in the Czech Republic: Situation to the Year 2005. Newsletter 14, European Council for the Conservation of Fungi. [www.eccf.info](http://www.eccf.info)
- [36] **Nanagulyan SG., 2006.** Endangered macrofungi and a Red Book in Armenia. Newsletter 14, European Council for the Conservation of Fungi. [www.eccf.info](http://www.eccf.info)

## Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc) dans la production des produits de boulangerie

Séraphin Koffi DIALLO<sup>1,2</sup>, SORO Doudjo<sup>1</sup>, KONE Kisselmina Youssouf<sup>1</sup>, ASSIDJO Nogbou Emmanuel<sup>1</sup>, YAO Kouassi Benjamin<sup>1</sup>, and GNAKRI Dago<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des procédés de Synthèse Industriels de Synthèse de l'Environnement et des Energies Nouvelle (LAPISEN), Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (INP-HB), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Nagui-ABROGOA, 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:** This study has been led to develop Bambara groundnut in Côte d'Ivoire, legume under used, using it as part of fortification and substitution of wheat for the production of bread flour. The physicochemical characteristics of the flour composed and breads, followed by the sensory analysis of the witness (100% wheat flour) breads and compound bread where wheat flour (FB) is overridden at the rate of 5%, 10%, 15% and 20% by the bambara groundnut seeds were made. Going from 0% to 20% substitution, the chemical composition of the FB/FV breads improves respectively in protein, ash, fibre and fat. FB/FV breads from the rate of substitution have volumes significantly higher than bread witness. Sensory evaluation indicates that there are no significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between the light bread and all breads FB/FV. This study would suggest that seeds of bambara groundnut could be properly incorporated into the flour of wheat until the rate of 20%.

**Keywords:** wheat flour, *Vigna subterranea* L. verdc, bread, degree of substitution.

**RÉSUMÉ:** La présente étude a été conduite en vue de valoriser le voandzou de côte d'Ivoire, légumineuse sous utilisée, en l'utilisant comme élément de fortification et de substitution de la farine de blé pour la production de pain. Les caractéristiques physico-chimiques des farines composées et des pains, suivie de l'analyse sensorielle des pains témoin (100% farine de blé) et des pain composés où la farine de blé (FB) est substituée aux taux de 5%, 10%, 15% et 20% par celle des graines de voandzou ont été faites. Lorsqu'on passe de 0% à 20% de substitution, la composition chimique des pains FB/FV s'améliore respectivement en protéines, cendres, fibres et en lipides. Les pains FB/FV obtenus aux différents taux de substitution ont des volumes significativement supérieurs à celui du pain témoin. L'évaluation sensorielle indique qu'il n'y a aucune différence significative ( $p \leq 0,05$ ) entre le pain témoin et tous les pains FB/FV. Cette étude suggérerait que les graines de voandzou pourraient être convenablement incorporées à la farine de blé jusqu'au taux de 20%.

**MOTS-CLEFS:** farine de blé, *Vigna subterranea* L. verdc, pain, taux de substitution.

### 1 INTRODUCTION

L'insuffisance de protéine dans le monde et particulièrement dans les pays en voie de développement, a dicté la recherche de nouvelles sources de protéine pour substituer ou pour compléter les sources existantes de protéines (Mohammed et al., 2013). Plusieurs plantes alimentaires considérées comme protéines ou sources de protéines, existent dans la nature. Parmi elles, l'on trouve les légumineuses. Les légumineuses en plus de leur haute teneur en protéines, ont l'avantage d'être largement cultivées par les populations rurales. De plus, elles sont utilisées dans divers types d'aliments de grandes consommation et de large distributions (Guthrie, 1971, Fasoyiro et al., 2012) tels que les produits de boulangerie et de pâtisserie.

D'importants espoirs ont été placés dans l'utilisation des farines composées en boulangerie durant ces vingt dernières années dans les pays en développement. En effet, une substitution partielle de la farine de blé par celles de céréales locales telles le sorgho peut constituer une alternative intéressante en termes de coûts bénéfiques par rapport aux grains importés. Les diverses tentatives dans cette voie furent le plus souvent un échec, dû à des faits majeurs tels que l'hostilité de la filière classique (moulin-boulangerie), l'incertitude d'approvisionnement régulier en céréales locales et les habitudes alimentaires des consommateurs. Mais aujourd'hui avec la nouvelle donne économique en Afrique (aggravation de la crise, dévaluation du franc CFA, détérioration des termes d'échange, etc.), tout laisse présager que ces différents obstacles pourraient être franchis en mettant au point un produit acceptable tant sur le plan technologique qu'économique.

Plusieurs auteurs ont en effet travaillé sur le développement des farines composées dans lesquelles une partie de la farine de blé est remplacée par d'autres sources amylacées (Dendy et al., 1973 ; Berthelot, 1990 ; Defloor, 1995).

C'est dans cette optique que se situe ce travail qui a pour objectif la mise au point de pains à partir d'un mélange de farines de blé et de légumineuses : le voandzou. En effet, les légumineuses du genre *Vigna*, telles que le voandzou, font partie des aliments les plus consommés en Afrique au sud de Sahara (Brink et al., 2006).

Le voandzou est une légumineuse indigène annuelle à grain cultivée principalement par les femmes (Touré et al., 2013) comme nourriture de subsistance dans les zones semi-arides de l'Afrique sub-saharienne (FAO, 2001 ; Mkandawire, 2007). Cette légumineuse africaine est riche en protéine végétale et est bon marché.

En Afrique, le voandzou est la troisième légumineuse alimentaire la plus importante en termes de production et de consommation après l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et le niébé (*Vigna unguiculata* L Walp.) (Linnemann, 1992; Howell, 1994). Dans les pays au sud du Sahara elle est la deuxième légumineuse économiquement importante après le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walpers]. C'est une plante qui s'adapte bien aux conditions climatiques difficiles (Heller et al., 1997). La plante est cultivée pour ses graines riches en protéine, en glucide et en lipide (Brought et Azam-Ali, 1992). Les graines renferment aussi différents éléments minéraux tels que le calcium, le magnésium et le potassium (Amarteifio et al., 2006). Les protéines contenues dans les graines de voandzou ont une teneur élevée en lysine et leur association avec les céréales dans l'alimentation, constitue un complément nutritionnel pour de nombreuses populations locales qui ne peuvent faire face aux coûts élevés des protéines animales (Massawe et al., 2005).

En Côte d'Ivoire, le voandzou est disponible. Cependant, il est consommé sous des formes traditionnelles et de plus, très peu d'informations sont actuellement disponibles sur l'utilisation de cette légumineuse dans les aliments de grande consommation et de grande distribution. L'objectif de cette étude est de valoriser le voandzou en l'utilisant comme élément de fortification et de substitution de la farine de blé dans la production des produits de pâtisserie et de boulangerie.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les graines de *voandzou* ont été achetées sur le marché d'Ouangolodougou (nord de la Côte d'Ivoire) durant la période de récolte 2012. Elles ont été soigneusement triées, nettoyées et conservées dans une chambre froide afin d'éviter leur détérioration par les bruches.

### 2.2 MÉTHODES

#### 2.2.1 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS DE FARINES

Les graines de voandzou triées et nettoyées ont été trempées à l'eau dans un bac pendant 18 heures. Elles ont été ensuite débarrassées manuellement de leur pellicule, séchées à l'étuve pendant 48h à 40°C puis réduites en farine à l'aide d'un broyeur à marteau contenant un tamis de maille 200µm. La farine obtenue a été ensachée et conservée à température ambiante.

#### 2.2.2 PRÉPARATION DES FARINES COMPOSÉES

Les farines de blé et de voandzou ont été mélangées pour constituer les farines composées dans les proportions suivantes (p/p) 5/95, 10/90, 15/85, 20/80. La farine 100% blé a servi de témoin. Les échantillons de farine de blé et de voandzou ont

été mixés dans un mixer Philips (HR2811 model) pendant cinq minutes à grande vitesse et mis dans des sachets plastiques puis stockés à température ambiante.

### 2.2.3 ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES

#### 2.2.3.1 DETERMINATION DU TAUX DE MATIERE SECHE

Le taux de matière sèche des farines est déterminé par séchage à l'étuve à une température de 105°C jusqu'à un poids constant. Le poids perdu dans chaque cas représente la teneur en eau des farines.

$$Teneur\ en\ eau\ (\%) = \frac{(masse\ de\ l'échantillon - masse\ de\ l'échantillon\ séché)}{masse\ de\ l'échantillon\ initial} \times 100$$

#### 2.2.3.2 DETERMINATION DU TAUX DE CENDRES

Le taux de cendre des farines est déterminé par incinération des échantillons de farines à une température de 600 C dans un four à moufle pendant 8 heures selon la méthode (AOAC, 2005).

$$Taux\ de\ cendres\ (\%) = \frac{masse\ de\ cendres}{masse\ de\ l'échantillon} \times 100$$

#### 2.2.3.3 DETERMINATION DU TAUX DE GLUCIDES

La teneur en glucides a été estimée par la méthode de différence. Il a été calculé en soustrayant de la somme du pourcentage d'humidité, matière grasse, protéine et cendres contenu 100 % de matières selon la méthode (AOAC, 2005).

$$Taux\ de\ glucides(\%) = 100 - (H\ \% + M.\ G\% + P\ \% + C\%)$$

#### 2.2.3.4 DETERMINATION DU TAUX DE PROTEINES

Les protéines brutes sont déterminées à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldhal (AOAC, 2005). Le pourcentage d'azote est calculé selon l'équation suivante :

$$N\ (\%) = \frac{(Ve - Vb) \times N \times 0,0014 \times D}{me \times V} \times 100$$

La protéine brute a été obtenue en multipliant la teneur en azote total correspondant par un facteur convention de 6,25.

$$Taux\ de\ Protéines\ (\%) = \%N \times 6,2$$

#### 2.2.3.5 DETERMINATION DU TAUX DE MATIERES GRASSES (M. G.)

Le taux de matières grasses brutes a été déterminé par la technique d'extraction au Soxhlet selon la méthode l'AOAC (2005). Elle consiste à sécher les échantillons et à extraire la matière grasse par des solvants organiques (éther de pétrole) à 60 à 80° C par reflux durant 6 h. Le pourcentage de la teneur en matière grasse est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de M G (\%)} = \frac{\text{Masse de Matières Grasses}}{\text{Masse de l'échantillon séché}} \times 100$$

### 2.2.3.6 DETERMINATION DU TAUX DE FIBRES BRUTES

La teneur en cellulose des échantillons est déterminée selon la méthode (AOAC, 2000). Une double hydrolyse acide (200 ml d'acide sulfurique 0,225 N) et alcaline (200 ml de soude 0,3 N) à chaud détruit des protéines et des glucides digestibles contenus dans 3 g d'échantillon est effectuée, puis l'hydrolysate est dégraissé à l'acétone. Le résidu est séché et pesé. Après calcination, le poids des cendres est retranché.

### 2.2.3.7 DETERMINATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE (V E)

La valeur énergétique totale des pains a été calculée selon la méthode de Manzi (1999) à l'aide de la formule, comme le montre l'équation suivante :

$$\text{Valeur Energétique (Kcal)} = [(\% \text{ glucides} \times 4) + (\% \text{ Protéines} \times 4) + (\% \text{ MG} \times 9)]$$

### 2.2.3.8 DÉTERMINATION DU PH

Pour l'estimation de l'acidité ou l'alcalinité, un échantillon de 20 g est additionné à une solution de 100 mL d'eau distillée bouillante. Après un refroidissement sous agitation continue, la mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre de type Agimatic-N [26].

## 2.3 ESSAI DE PANIFICATION

La recette de préparation des pains à partir des échantillons de farines composées de blé et de voandzou est présentée dans le tableau 1. Les échantillons de pains ont été faits selon la méthode de Amani N. G. et Takano H. (1998) modifiée.

Tableau 1 : Recette des pains témoin et test

Ingrédients	Pains	
	Témoin	test
Farines <sup>1</sup>	500	500
sel	1	1
levure	1,5	1,5
eau	65	Variable

Ingrédients exprimés en pourcentage de farine

<sup>1</sup> Farine de blé substituée par 5%, 10%, 15% et 20% de farine de graines de voandzou (sur la base de 14% de taux d'humidité).

Des pains témoins (100% farine de blé) et des pains test où la farine de blé (FB) est substituée à 5%, 10%, 15% et 20% par celle de graines de voandzou ont été faits selon la formule standard de Amani N. G. et Takano H. (1998) avec quelques modifications concernant les teneurs en sel et en levure. (Tableau I). Les différents ingrédients (à l'exception de la levure) ont été pétris. Trois minutes après le début de ce premier pétrissage (frasage) qui se fait à 40 trs/min et qui cinq min, la levure, préalablement délayée dans l'eau, a été ajoutée au reste du mélange. La pâte obtenue, mise au repos pendant cinq min, subit ensuite un deuxième pétrissage qui se fait à 84 trs/min pendant 10 min. C'est le brassage. Le pointage ou première fermentation fait suite au brassage et dure 45 min. La pâte a ensuite été façonnée et moulée avant d'être placée pendant 1 h dans une chambre de fermentation pour l'apprêt. La cuisson, qui se fait à chaleur humide, a lieu à 230°C pendant 30 min dans un four électrique. Sorti du four, le pain est laissé à la température ambiante pour son refroidissement : c'est le ressuage qui précède la détermination des différentes caractéristiques du pain.

## 2.4 PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES

La capacité d'absorption d'eau, l'indice de solubilité à l'eau, la capacité d'absorption d'huile, la densité de la farine ont été évalués. La capacité d'absorption d'eau (CAE) et l'indice de solubilité à l'eau (ISE) ont été déterminés suivant la méthode de Philips, Chinnan, Brach, Miller & McWatters (1988) et Anderson, Conway, Pfeifer & Griffin (1969).

La capacité d'absorption d'huile a été déterminée suivant la méthode de Sosulski (1962).

Le rapport hydrophile-lipophile tel que défini par Njintang, Mbofung & Waldron (2001), a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée des farines pour l'eau et pour l'huile.

La densité de la farine a été déterminée suivant la méthode de Okezie & Bello (1988) basée sur la détermination d'une masse de pâte prise dans un volume connu.

## 2.5 EVALUATION SENSORIELLE DES PAINS

Les pains préparés à partir des farines composées et de 100% blé (témoin) ont été évalués sur la texture, la saveur, l'arôme, la croûte, la mie et l'acceptabilité globale.

Les échantillons ont été jugés par 35 panelistes composés de personnel et d'étudiants de l'Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (INPHB) sur une échelle hédonistique de 9 points : 9 (j'aime extrêmement) à 1 (je n'aime pas) comme décrit par KOKO et al., (2012).

## 2.6 ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les mesures ont été effectuées en triple et les données ont été sujettes à une analyse de variance pour tester les effets des différents facteurs expérimentaux sur les propriétés mesurées. Le test de Duncan a été utilisé pour classer les traitements au cas où il existerait une différence significative. Toutes ces analyses ont été effectuées à l'aide des logiciels SPSS 17.0. La signification statistique a été définie à 0,05.

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 2 : Résultats analyses physico-chimiques de la farine de blé et des farines composées**

Paramètres	Echantillons					
	FB	FV	FC1	FC2	FC3	FC4
Humidité (%)	10,75	07,07±0,35c	8,83±0,51ab	8,29±0,28b	9,26±0,30a	9,16±0,43a
Protéines (%)	12,32	23,31±9,09c	13,07±0,56a	13,91±1,92a	17,93±1,35b	19,00±0,84b
Glucides (%)	6,07	58,73±2,82c	79,91±2,94b	77,43±3,33b	71,63±0,81a	68,93±1,04a
Mat Gr (%)	3,45	7,77±2,85c	6,90±2,38a	7,52±1,52ab	8,29±2,05ab	9,91±1,82b
Cendres (%)	2,29	6,01±2,00b	2,00±0,06c	2,67±0,20a	4,00±0,01a	5,00±1,00ab
Fibres (%)	2,18	4,19±0,01c	1,12±0,05a	1,95±0,05ab	2,36±0,05ab	3,16±0,04bc
pH	6,14	6,85±0,05d	6,30±0,08a	6,35±0,01ab	6,41±0,01bc	6,45±0,01c

Les résultats des analyses physicochimiques des différentes farines composées sont résumés dans le tableau 2. La teneur en protéines de la farine de voandzou (23,31%) est supérieure à celle du blé qui est de 12, 26%. Cette différence de teneur est due au faite que le blé est une céréale alors que le voandzou est une légumineuse. Effet les légumineuses sont naturellement plus riches en protéines que les céréales. La teneur élevée de protéines de cette légumineuse fera de cette plante un excellent supplément naturel pour les aliments qui en sont déficitaire.

A l'analyse de ces résultats, une augmentation de la teneur en protéines, en fibres, cendres et matières grasses est observée au fur et mesure que le taux de substitution augmente. Les teneurs en protéine ont varié respectivement de 13,07 % dans la farine composée FC1 à 19,00 % dans la farine composée FC4. Par contre les teneurs en Matières sèches et en glucides totaux ont diminué. Quant au pH, il a varié très peu et est resté inférieur à 7 malgré l'augmentation du taux de substitution en farine de voandzou. Ces résultats concordent avec ceux de Yetunde et al., 2009, Alozie, Lyam, & Lawal, 2009. Tous les paramètres physicochimiques des farines composées présentent une différence significative ( $P < 0,05$ ) comparés aux

paramètres de la farine de blé. Cette tendance a été relevé par Medoua, 2005 ; Abu-salem et Abou-arab, 2011; Fasoyiro et al., 2010 qui ont substitué la farine de blé par la farine d'igname, de *Cajanus cajan* et de voandzou. Cette substitution serait bénéfique car selon Mensah et Tomkins, 2003, les protéines issues du mélange de la farine de légumineuses et de céréales seraient de qualités que les protéines d'origine animale.

**Tableau 3: Propriétés fonctionnelles des farines composées**

Paramètres	Echantillons				
	FC1	FC2	FC3	FC4	FV
CAE	96,95±8,65 a	98,47±4,99 a	105,84±1,90 a	116,78±6,92 a	190,36±29,33 b
CAH	93,53±15,67 b	118,60±13,83 a	121,83±16,92 a	123,30±9,76 a	88,83±4,96 b
ISE	34,23±10,40 a	29,93±1,82 a	28,10±2,69 a	32,30±2,43 a	64,63±6,95 b
H/L	1,05±0,11 a	0,84±0,14 a	0,88±0,12 a	0,95±0,12 a	2,14±0,31 b
Den Farines	0,72±0,02 a	0,71±0,05 a	0,67±0,03 b	0,66±0,01 b	0,59±0,03 c

La capacité d'absorption de l'eau des farines joue un rôle important dans le processus de préparation des aliments car elle influence certaines propriétés fonctionnelles et sensorielles. En outre, l'utilisation des farines comme ingrédients alimentaires dépend, dans une large mesure, de leur interaction avec l'eau. Les propriétés fonctionnelles des farines composées de farines de blé et de voandzou à différents proportions et celles de la farine de voandzou sont présentées dans le tableau 3.

Les valeurs de la capacité d'absorption en eau (CAE) des différentes farines oscillent entre 96,95% (FC1) et 190,36% (FV). Quant aux valeurs de l'indice de solubilité dans l'eau (ISE), elles sont comprises entre 28,10% (FC3) et 64,63% (FV). Ces valeurs sont comparables aux valeurs rapportées les farines de certaines légumineuses dépelliculées telles que horse gram (122,6 g/100 g), niébé (128,5 g/100 g) et pois chiches (136,2 g/100 g) (Gob & Prakash, 2006). Toutefois, la valeur de la CAE de la farine de voandzou (FV) était plus élevé que les valeurs rapportées pour les lentilles (97,4 g/100 g) et d'autres variétés de niébé (92 –114 ml/100 g) (Dinia, Kushwah, & Kushwah, 1996 ; Gob & Prakash, 2006). Les valeurs des densités des farines varient de 0,59 à 0,72. Il est connu que les acides aminés polaires des protéines ont une affinité avec les molécules d'eau. Les différences observées entre les Capacités d'Absorption en Eau des farines composées pourraient s'expliquer par la variation de la teneur en farine de voandzou. De plus, la composition en glucides peut également être un facteur qui influence la capacité de rétention d'eau de la farine (Yadahally N. Sreerama et al, 2012). Les Farines avec CAE élevé pourraient être de bons ingrédients de boulangerie pour la fabrication de produit, tel que le pain. En effet, une CAE élevée permet d'ajouter plus d'eau à la pâte, améliorant ainsi sa maniabilité et le maintenir la fraîcheur dans le pain. En outre, le CAE est une propriété essentielle de protéines dans les aliments visqueux, tels que les soupes, les pâtes, les crèmes et les produits de boulangerie. Car elle permet à la farine d'absorber l'eau sans toutefois dissoudre de la protéine, ce qui a pour conséquence d'épaissir et d'augmenter la viscosité des aliments.

L'analyse des résultats montre qu'il existe une différence significative ( $p < 0,005$ ) entre les farines composées et les farines de voandzou d'une part et d'autre part entre ces farines et le farine de blé. La capacité d'absorption en eau, la capacité d'absorption en huile augmentent alors que l'indice de solubilité à l'eau, la densité des farines et le rapport hydrophile lipophile décroissent avec l'augmentation du taux de substitution.

La capacité adsorption d'huile (CAH) des farines alimentaires est importante dans l'industrie alimentaire car elle permet l'absorption l'huile par un processus complexe de la capillarité. La capacité d'un composant alimentaire à piéger l'huile est une caractéristique importante dans les formulations d'aliments gras car elle agirait comme un dispositif de retenue de saveur et exhausteur de sensation en bouche (Khattab, R. Y., et Arntfield, S. D. 2009 ; Yadahally N. Sreerama 2012).

La capacité d'absorption d'huile de farines de voandzou a été étudiée et comparée à celle des farines composées de voandzou et de blé. D'importantes différences dans les capacités d'absorption en huile ont été notées chez les farines

étudiées. La farine de voandzou a la valeur la plus basse (88,83 g/100 g). La CAH augmente avec l'augmentation du taux de substitution. Elle passe de 88, 83g/100g pour la farine brute de voandzou à 123,30g/100g (FC4) (tableau 3).

La capacité d'absorption en huile des farines de légumineuse est corrélée négativement avec la capacité d'absorption de l'eau. Ces résultats sont semblables à ceux rapportées par Naczki, Diosady et Rubin (1985) pour la farine de canola. La CAH de la farine de voandzou est faible comparée à celle des farines composées. Cependant, elle est plus élevée que les valeurs relevées pour les farines de haricots rouges dégraissés (73,83 g/100 g) (Njintang, Mbofung, & Waldron, 2001) et de pois d'Angole (80,7 g/100 g) (Oshodi & Ekperigin, 1989). Cependant elle est égale à celle de niébé (88,3g/100g) et horse gram (82,4g/100g) (Yadahally N. Sreerama 2012).

**Tableau 4 : Résultats analyses physicochimiques des échantillons de pain**

Paramètres	Echantillons				
	PFB	PFC 1	PFC 2	PFC 3	PFC 4
T H (%)	34,05±1,15 a	40,50±1,50 b	49,65±0,65 c	53,90±1,30 d	58,35±0,65 e
Glucides (%)	72,54±3,06 e	67,62±1,44 d	63,17±0,60 c	59,51±1,54 b	48,54±1,71 a
Protéines (%)	12,96±1,66 a	14,58±0,54 ab	16,78±1,55 bc	18,14±2,09 cd	20,66±1,21 d
Mat Gr (%)	1,70±1,40 b	1,80±0,90 c	1,93±1,00 a	1,95±0,45 a	2,03±0,30 d
fibres(%)	0,30±0,10 a	0,40±0,10 ab	0,55±0,05 bc	0,70±0,10 cd	1,00±0,10 d
Cendres (%)	1,30±0,10 a	1,50±0,10 a	1,90±0,10 b	2,00±0,20 b	3,50±0,30 c
V E (Kcal)	458,10±7,00 c	471,90±4,50 a	478,20±5,20 ab	482,45±1,85 b	498,50±0,70 d
Vol (mm <sup>3</sup> )	271,05±27,87 a	630,83±15,39 b	918,84±41,81 c	1457,14±58,22 d	1754,45±51,59 e

Le tableau 4 montre la composition physicochimique des pains composites du blé/voandzou. La teneur en humidité des pains a varié de 34,05 à 58,35% respectivement avec l'échantillon PFB (100 % blé) et PFC4 (80:20) mélange ayant le taux de substitution le plus élevé. Le taux d'humidité, de protéines, de matières grasses, de fibres et de cendres augmente avec la quantité de farine voandzou. Les valeurs sont passées respectivement 12,96% à 20,66% ; de 1,70% à 2,03% ; 0,30 à 1% et 1,30 à 3,5% respectivement pour les protéines, la matière grasse, les fibres et les cendres. Il en est de même pour les valeurs énergétiques qui ont variées de 458,10 Kcal (PFB) à 498,50 Kcal (PFC4). Aussi, les volumes des pains ont-ils augmentés avec le taux de substitution. Ils sont passés de 271,05 mm<sup>3</sup>(PFB) à 1754,45 mm<sup>3</sup>(PFC4). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Méité et al 2008, Yetundé et al. 2009 et Massoad Sadiq et al. 2011 qui ont substitué respectivement la farine de blé par la farine de graines de *Citrullus lanatus*, voandzou et de niébé.

De plus, ces résultats indiquent que, sur le plan de la composition chimique, la substitution FB par FV donne des pains qui non seulement sont plus riches en protéines mais également sont plus énergétiques. El-Soukary F. A (2001) avec les graines de *C. moschata*, Abdel-Kader Z. M (2001) avec celles de fèves (*V. faba*) et ElAdawy T. A. (1995) avec celles de sésame (*Sesamun indicum*) aboutissent aux mêmes résultats. Le mélange de farine de légumineuses (Voandzou) riche en lysine, acide aminé essentiel, absent dans la farine de blé, améliore la qualité protéique des échantillons de pains composés. Les valeurs de volumes obtenues avec les pains témoin et test sont similaires d'une part à celles de pains obtenus après la substitution de la farine de blé par celle de soja (2,40–0,02% à 3,24–0,02%) (Dhingra S. et Jood S. 2002) et d'autre part à celles de pains fabriqués avec les farines de blé de différentes années (2,86–0,38% à 3,37–0,14%) (Svec I. et Hruskova M. 2004).

L'amélioration de volume observée au taux de substitution de la FB par FV pourrait s'expliquer par la présence de matières grasses. En effet, selon CEA (1998), l'ajout de 1% à 2% de matières grasses améliore le volume du pain. En outre, L'augmentation de volume due à l'augmentation du taux de substitution de la farine de blé par de la farine de légumineuses causerait l'affaiblissement le réseau de gluten qui est chargé de conserver les gaz de levage Abou\_Zaid (2011).

**Tableau 5 : Moyennes des scores de l'analyse sensorielle des échantillons de pain**

Paramètres	Echantillons				
	100% F Blé	5 % F V	10 % F V	15 % F V	20 % F V
Texture	7,00 a	7,71 a	7,09 a	6,23 ab	5,77 b
Saveur	6,69 b	5,71 ab	6,00 ab	5,46 a	5,20 a
Arôme	6,86b	5,94 ab	5,91 ab	5,31 ac	4,66 c
Croute	7,14 a	6,65 a	7,14 a	6,86 a	7,11 a
Mie	7,37 ab	6,85 a	7,69b	7,20 ab	7,63 ab
Accep Glob	6,94 a	6,23 a	6,63 a	6,03 a	5,97 a

L'évaluation sensorielle est un critère important pour l'évaluation de la qualité dans le développement de nouveaux produits et pour répondre aux exigences des consommateurs. Tout nouveau produit doit donner satisfaction et plaisir aux consommateurs s'il doit y avoir une partie de leurs habitudes alimentaires. Pour cette raison, le pain préparé à partir de mélanges de farine de blé avec farines de voandzou sont évalués selon divers attributs sensoriels. Les résultats de la présente étude présentés dans le tableau 5 montre qu'il n'y a pas de différence significative pour la couleur de croute, la saveur, et l'acceptabilité globale entre les échantillons de pains composés et le pain témoin (100% Blé). Quant à l'arôme, il existe une différence significative à 20% de substitution, comparé au pain témoin. En général, les échantillons de pains produits à partir des farines composées, sont jugés acceptables.

#### 4 CONCLUSION

Les essais de panification ont montré que les farines de graines de voandzou pourraient être incorporées jusqu'au taux de 20% dans la farine de blé (FB) sans dépréciation notable des caractéristiques physiques et organoleptiques des pains. Des pains produits à la suite de la substitution de FB par FV jusqu'au taux de 20% ont, en plus de leurs teneurs en protéines, leurs teneurs en lipides et en cendres également améliorées. La farine de graines voandzou peut être considérée comme une bonne source de protéines et d'autres nutriments pour la fortification des produits boulangers, notamment du pain. La consommation de pain produit à partir de farine de blé fortifiée avec la farine de voandzou augmentera l'apport en protéines de bonne qualité et en fibre chez les consommateurs. Aussi, cette utilisation va améliorer et diversifier l'utilisation de voandzou et par conséquent, lutter contre les carences protéiques.

#### REFERENCES

- [1] ABDEL-KADER Z. M [2001]., Enrichment of Egyptian "Balady" bread. Part 2. Nutritional values and biological evaluation of enrichment with decorticated cracked broad-beans flour (*Vicia faba* L.). *Nahrung.*, 45 (2001) 31-34.
- [2] Abou-Zaid Atef, A.M., Mostafa, T. Ramadan et Samia A. AL-Askly (2011) : Utilization of Faba Bean and Cowpea Flours In Gluten Free Cake Production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12): 2665-2672, 2011
- [3] ALOZIE YE. – IYAM, MA. - LAWAL O. – UDOFIA, U. - ANI, IF. 2009. Utilization of Bambara ground flour blends in bread production. In *Journal of Food Technology*. 7(4), 2009, p.111-114.
- [4] Amarteifio J.O., Tibe O. Njogu R.M. (2006). The mineral composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L) Verdc) grown in Southern Africa. *African Journal of Biotechnology* 5: 2408-2411.
- [5] Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeiffer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14, 372-375.
- [6] AOAC (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International 17th Ed.* Published by the Association of Official Analytical Chemists International, Suite 400 2200 Wilson Boulevard, Arlington, Virginia 22201-3301, USA.
- [7] AOAC (2005). *Official method of analysis of the Association of official Analytical Chemist, 5th ad.* AOAC Press, Arlington, Virginia, USA
- [8] Berthelot J. (1990). La panification des céréales tropicales : mise au point de recettes de brios à dominance de maïs ou de mil aisément transférables en Afrique noire. Rapport de fin de programme. Paris : Ministère de la coopération et du développement, 64 p.
- [9] Brink M., Grubben G. J. H., Brink M., Belay G., Agrooh 2006. *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : Céréales et légumes secs.* Edition M. Brink 328 p

- [10] Brough SH, Azam-Ali SN, 1992. The effect of soil moisture on the proximate composition of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]. *Journal of Science Food and Agriculture* 60: 197-203
- [11] Casimir Anauma KOKO, Ahou KONAN, Fabrice TÉTCHI, Emmanuel ASSIDJO et Georges AMANI (2012). Quality of fermented cassava flour processed into placali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(1): 415-420, February 2012 Short Communication
- [12] Defloor, I. (1995). Factors governing the breadmaking potential of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. Ph. D. thesis, University of K.U. Leuven, Belgium, 155 p.
- [13] Dendy DAV., Clarke PA., James AW. (1973). The use of blends of wheat and non wheat flours in breadmaking. In *Composite Flour Program*. Rome: Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations, p. 134.
- [14] Dhingra S. et Jood S. 2002 Dhingra S. et Jood S. (2002) Effect of supplementation on physicochemical, sensory and nutritional characteristics of bread. *Nutr Health.* 16(4): 313-29
- [15] Diwakar, P., Kushwah, A., & Kushwah, H. S. (1996). Effect of processing on the functional properties of some local varieties of horse gram (*Dolichos biflorus* L.) in Madya Pradesh. *Journal of Food Science and Technology (India)*, 33, 150–152.
- [16] El-Adawy TA (1995) Effect of sesame seed proteins supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. *Plant Foods for Human Nutrition* 48: 311–326
- [17] EL-SOUKARY F. A. (2001), Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. *Plant Foods Hum Nutr.*, 56 365-384.
- [18] Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations (2001). Targeting for nutrition improvement resources for advancing well being. *Food and Nutrition Series*. UN. Rome, Vol IV pp 1-18.
- [19] Fasoyiro Subuola, Yudi Widodo and Taiwo Kehinde (2012). Processing and Utilization of Legumes in the Tropics, Trends in Vital Food and Control Engineering, Prof. Ayman Amer Eissa (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0449-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering/processing>
- [20] Ferial M. Abu-Salem et Azza A. Abou-Arab (2011): Effect of supplementation of Bambara groundnut (*Vigna subterranean* L.) flour on the quality of biscuits, *African Journal of Food Science* Vol. 5(7), pp. 376-383, July 2011.
- [21] Ghavidel, R. A., & Prakash, J. (2006). Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(8), 1189-1195
- [22] Goli AE, Begemann F, Ng NQ, 1997. Characterization and evaluation of IITA's bambara groundnut collection. In Heller J., Begemann E., Mushonga J. (Eds). *Promotion of the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 9. Proceedings of the workshop on conservation and improvement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.), 14-16 November 1995, IPGRI, Harare, Zimbabwe, p. 101–118
- [23] Guthrie H. A., Froozani M., Shennan A. R., BaTron G. P. (1974). Hyperlipidemia in offspring of iron-deficiency rat. *J. Nutr.*, 104, 1273 - 1278.
- [24] Howell JA, 1994. Commons names given to Bambara groundnut (*Vigna subterranea* Fabaceae) in central Madagascar. *Economic Botany* 45: 217- 221.
- [25] Khattab, R. Y., et Arntfield, S. D. 2009 Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *LWT - Food Science and Technology* 42 (2009) 1113–1118.
- [26] Linnemann AR, 1992. Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). Literature: a revised and updated bibliography. *Tropical Crops Communication* 17 Wageningen Agricultural University, Department of Tropical Crop Science Netherlands 124 p.
- [27] Masood Sadiq Butt, Javaid Iqbal, Ambreen Naz, Hafiz Ansar Rasul Suleria, Mir M. Nasir Qayyum, Faiza Saleem and M. Ahmar Jahangir (2011). Effect of Flour Blending on Bread Characteristics. *Internet Journal of Food Safety*, Vol.13, 2011, p.142-149
- [28] Massawe FJ, Mwale SS, Azam-Ali SN, Roberts JA, 2005. Breeding in Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]: strategic considerations. *African Journal of Biotechnology* 4(6): 463-471.
- [29] Medoua N. G. J. M. (2005). Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) pax : étude du durcissement post -récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine- Thèse de Doctorat/PhD, 2005, p. 254
- [30] Meité A, Kouame KG, Amani NG, Kati-Coulibaly, Offoumou A. 2008. Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des pains fortifiés avec les farines de graines de *Citrullus lanatus*. *J. sci. pharm. biol.*, Vol.9,n°1, pp. 32-43
- [31] MENSAH, P. – TOMKINS, A. 2003. Household-level technologies to improve the availability and preparation of adequate and safe complementary foods. In *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 24, 2003, no. 1, p.104–125.
- [32] Mkandawire Cesar (2007). Review of Bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc. Production in sub-sahara Africa. *Agricultural journal* 2 (4): 465-470
- [33] Mohammed, I., Ahmed, A.R., Senge, B. (2012): Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industr. Crops Prod.* 36 (1), 196-202.

- [34] N. G. AMANI, H. TAKANO Bread making properties of composites flours using tropical crops. Jistec Report, National Food Research Institute. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Tsukuba, Ibaraki, Japan. (1998).
- [10] Naczki M., Diosady L. L., Rubin L. J. (1985). Functional properties of canola meals produced by a two phases solvent extraction system. *Journal of Food Science*, 50, 1685–1692.
- [35] Njintang NY, Mbofung CMF, Waldron KW. 2001. In vitro protein digestibility and physicochemical properties of dry red bean (*Phaseolus vulgaris*) flour: Effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour. *J Agric Food Chem* 49:2465–71
- [36] Okezie BO, Bello AB (1988). Physico – chemical and functional properties of winged bean flour and isolate, compared with soy isolate. *J. Food Sci.* 53: 450-454
- [37] Oshodi, A. A., & Ekperigin, M. M. (1989). Functional properties of pigeon pea (*Cajanus Cajan*) flour. *Food Chemistry*, 34, 187–191.
- [38] PHILIPS R.D., CHINNAN M.S., BRANCH A.L., MILLER J., MCWATTERS K.H. (1988): Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *Journal of Food Science*, 53: 805–809.
- [39] Prakash, D., & Misra, P. S. (1988). Protein content and amino acid profile of some wild leguminous seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 38, 61–65
- [40] Sosulski, F. W. (1962). The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, 39, 344-350.
- [41] Svec I et Hruskova M. (2004) Wheat flour fermentation study. *Czech J. Food Sci.* 22: 17–23.
- [42] Yadahally N. Sreerama  $\hat{\imath}$ , Vadakkoot B. Sashikala, Vishwas M. Pratapa, Vasudeva Singh (2011). Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry* 131 (2012) 462–468
- [43] Yaya Touré, Mongomaké Koné, Souleymane Silué, Yatty Justin Kouadio (2013). Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*vigna subterranea* (L.) Verdc. (fabaceae)] de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* August 2013 edition vol.9, No.24 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- [44] Yetunde Ezinwanyi Alozie, Mary Arikpo Iyam, Olajumoke Lawal Ukpong Udofia et Ime Franklin Ani, 2009. Utilisation of Bambara Groundnut flour blends in bread production, *Journal of Food Technology* 7 (4) 111-114.

